



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño de carretera a nivel de afirmado en el tramo Quirihuac – Santo Domingo Distrito Laredo, Trujillo, La Libertad 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES**

Bernuy Giraldo, Flavio David Edgardo (ORCID: 0000-0002-3322-6757)

Domínguez Jara, Rosa Estela (ORCID: 0000-0003-2657-4291)

**ASESOR**

Gutiérrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de infraestructura vial

TRUJILLO - PERÚ

2021

## ***DEDICATORIA.***

A mi familia, que me apoyo en todo para poder salir adelante y por haberme hecho la persona que soy ahora.

A mis hijas, que me apoyaron en todos estos años para poder lograr mis objetivos.

## ***AGRADECIMIENTO.***

A la universidad que nos dio la oportunidad de poder realizar los estudios superiores en los momentos más difíciles, a toda la plana docente por su excelente calidad de personas y profesionales

## **INDICE DE CONTENIDOS**

<i>DEDICATORIA</i> .....	ii
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	iii
<i>INDICE DE CONTENIDOS</i> .....	iv
<i>INDICE DE TABLAS</i> . ....	v
<i>INDICE DE FIGURAS</i> . ....	vi
<i>RESUMEN</i> . ....	viii
<i>ABSTRACT</i> . ....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	7
III. METODOLOGIA.....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2 Variables y operacionalización:.....	19
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5 Procedimientos .....	21
3.6 Método de análisis de datos.....	21
3.7 Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS: .....	23
RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO.....	23
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	31
ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE. ....	41
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA.....	65
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	93
V. DISCUSION:.....	101
VI. CONCLUSIONES:.....	102
VII. RECOMENDACIONES: .....	104
<i>REFERENCIAS</i> .....	106
<i>ANEXOS</i> .....	108

## ***INDICE DE TABLAS.***

<b>Tabla 1- Ubicación geográfica del área del proyecto .....</b>	<b>2</b>
<b>Tabla 2- Estimado de la población beneficiada .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 3- Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 4 - Ubicación de puntos de referencia (PR) .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 5 - ubicación de puntos de estaciones. ....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 6 - Leyenda para estudio topográfico. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 7 - Ubicación y Características de las calicatas.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 8 -Relación de ensayos de mecánica de suelos .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 9 - Resumen de resultados de ensayos de mecánica de suelos .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 10 - Resistencia del Terreno de fundación. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 11 - Ensayos realizados a las muestras de cantera.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 12 - Caracterización del material - Cantera N° 1.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 13 - Ubicación Estación Meteorológico Quirihuac.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 14 - Datos Históricos de la Estación Quirihuac.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 15 - Datos de precipitación máxima en 24 horas. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 16 - Modelos de Distribución. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 17 - Valores críticos para los modelos de distribución. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 18 - Lluvia máxima para duraciones de 5 a 60 minutos.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 19 - Intensidad promedio para una duración "t" .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 20 - Valores de regresión múltiple.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 21 - Intensidades Máximas.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 23 - Riesgo admisible en obras de drenaje.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 25 - Período de retorno para obras de drenaje.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 26 - Características de la cuenca.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 27 - Cálculo del caudal de diseño.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 28 - Cálculo de caudales de diseño para cunetas.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 29 - Coeficiente K de Strickler más usados.....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 30 - Velocidades límite admisibles .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 31 - Capacidad de la cuneta para diferentes pendientes.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 32 - Cálculo del diámetro de alcantarillas de paso .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 33 - Resumen de Alcantarillas de paso.....</b>	<b>64</b>

<b>Tabla 34 - Pendientes transversales del terreno .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 35 - Resultado del estudio de tráfico (IMDa).....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 36 - Índice medio Diario anual .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 37 - Tráfico proyectado 2019 - 2030.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 38 - Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 39 - Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 40 - Relación de Cargas Por Eje. ....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 41 - Tráfico de diseño en el carril de diseño (EE) .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 42 - Tráfico de diseño en el carril de diseño (EE) .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 43 – Distancia de Visibilidad de parada con pendiente (m) .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 44 – Mínima Distancia de Visibilidad de adelantamiento para Carreteras de dos carriles dos sentidos (m). ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 45 - Radio mínimo para prescindir de curva de transición .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 46 – longitud Mínima de Transición de Peralte .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 47 – Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 48 - Resumen de Características Geométricas. ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 49 - Resistencia del Terreno de fundación .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 50 - Características de las señales.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 51 - Ubicación de las señales verticales.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 58 - Resumen de Obras de Arte.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 59 - Matriz de Operacionalización de Variables. ....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 60 - Tabla de Detalles y Rellenos Topográficos. ....</b>	<b>110</b>

### ***INDICE DE FIGURAS.***

<b>Figura 1- Esquema de fuerzas en un plano inclinado.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2- Ubicación de fuentes de agua.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3 -Variación Mensual de la Precipitación.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4 - Precipitación Máxima en 24 horas por año. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 5 - Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 6 - Sección de la Cuneta Triangular. ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 7 - Relación Caudal versus Pendiente. ....</b>	<b>60</b>

<b>Figura 8</b> - Capacidad de Alcantarilla de Alivio. ....	62
<b>Figura 9</b> - Geometría de la alcantarilla .....	62
<b>Figura 10</b> - Tráfico según tipo de vehículo. ....	69
<b>Figura 11</b> - ubicación de las señales verticales .....	89
<b>Figura 12</b> - Ejemplo de Orientación de la Señal. ....	89
<b>Figura 13</b> - Poste Kilométrico. ....	91
<b>Figura 14</b> - Matriz de Impactos Ambientales. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ***RESUMEN.***

La presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, en la Universidad Cesar Vallejo, tiene como propósito elaborar el diseño geométrico de una carretera, así como definir la estructura del pavimento, fundamentados en las normas peruanas vigentes. Para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, transversal, descriptivo, el muestreo fue no probabilístico por juicio, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación y el análisis documentario, los instrumentos utilizados fueron guías de observación, ficha de datos, guía de recolección de datos, debidamente validadas; y el análisis de los datos se hizo mediante el empleo de la estadística descriptiva. Con la información analizada se realizó el diseño de una carretera de tercera clase, sobre terreno ondulado, de 10 Km de longitud, con 6.0 m de ancho de calzada, para una velocidad directriz de 40 Km/h. Así mismo, por exigencias del tráfico proyectado, se obtuvo una estructura del pavimento compuesta por 15 cm de subbase, 20 cm de capa de base, protegida por un tratamiento asfáltico de slurry seal de 1.2 cm de espesor. Se proyectó la señalización requerida para la vía.

Palabras clave: Carretera, drenaje, pavimento flexible, asfalto.



## ***ABSTRACT.***

The present research was carried out in the city of Trujillo, at the Cesar Vallejo University, its purpose is to elaborate the geometric design of a road, as well as to define the structure of the pavement, based on current Peruvian regulations. To carry out the thesis, a non-experimental, cross-sectional, descriptive design was used, the sampling was non-probabilistic by judgment, the data collection was carried out with the observation technique and the documentary analysis, the instruments used were observation guides, data sheet, data collection guide, duly validated; and the data analysis was done through the use of descriptive statistics. With the analyzed information, the design of a third-class road was made, on undulating terrain, 10 km long, with a 6.0 m wide road, for a guideline speed of 40 km / h. Likewise, due to projected traffic requirements, a pavement structure composed of 15 cm of subbase, 20 cm of base layer, protected by a 1.2 cm thick asphalt treatment of slurry seal was obtained. The signage required for the road was projected.

Keywords: Highway, drainage, flexible pavement, asphalt.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Realidad problemática, En nuestros días la cantidad de terreno cultivable y para las actividades de los centros poblados es escaso y con difícil acceso, se requiere que los terrenos para cultivo, vivienda e industria tengan un fácil acceso por medio de vías de comunicación terrestre por lo que cada día las vías de comunicación adquieren mayor importancia. El aumento poblacional está llegando a un punto donde la mayor parte del terreno disponible a nivel mundial se va a llenar de casas o zonas de cultivo por lo que es realmente importante el aprovechamiento de cada parte de terreno que tengamos cerca de los grandes centros poblados. Nuestro país no es una excepción en el déficit de infraestructura vial, el cual limita las zonas donde se puedan asentar los centros poblados y el crecimiento del área de cultivo, los centros poblados que no cuentan con un acceso fácil a las vías de comunicación por lo general sufren un estancamiento en su economía local, aumentando los precios de los pasajes, alimentos y muchos de los productos siguientes: cebolla, choclo, camote, papa, choclo amarillo, lechuga, pollo, entre muchos otros productos de principal alimentación para la población, cuyo traslado y comercialización se dificulta por las deficiencias que presentan las carreteras, que generalmente presentan anchos de las vías reducidos, sin pavimentación, falta de señalización, superficies en mal estado que generan exceso de polvo, entre otros aspectos.

Teniendo como referencia que nuestro departamento de la libertad en las zonas comprendidas en los valles tiene un gran potencial para el desarrollo agrícola y facilidad para el crecimiento poblacional, el centro poblado Santo Domingo no es la excepción, pese a estar muy cerca del centro de la ciudad de Trujillo, éste no cuenta con un flujo de vehículos adecuados para el desarrollo de la zona por no tener un sistema vial acorde a sus necesidades, desperdiciando el gran potencial agrícola de la zona.

Ante la situación descrita anteriormente, se ha considerado elaborar el presente estudio de investigación, a la falta de comunicación existente en la localidad de Santo Domingo.

**Los Aspectos generales de nuestra tesis**, se representa en su ubicación política de nuestro proyecto de investigación es:

**País** : Perú  
**Departamento** : La libertad  
**Provincia** : Trujillo  
**Distrito** : Laredo  
**Centro Poblado** : Santo Domingo – Quirihuac.

Su ubicación geográfica del presente proyecto se encuentra en estas coordenadas UTM: E 735928.00 m, S 9108034.00 m y a una altura promedio de 170 metros.

La zona en estudio está comprendida por los centros poblados de Quirihuac, Santo Domingo.

**Tabla 1- Ubicación geográfica del área del proyecto**

	ESTE	NORTE	ALTURA
<b>Inicio de carretera</b>	730028.009 m	9103843.886 m	119.21 m
<b>Fin de la carretera</b>	737367.030 m	9108815.7 m	241.00 m

**Fuente:** Proyección Cartográfica: UTM WGS 84

El centro poblado Santo Domingo abarca **65** viviendas, que están a 15 Km de Trujillo, llegamos 30 minutos de traslado. Está a una altitud promedio de 170 metros de altura.

- **Límites**

Los centros poblados que se considera en el proyecto, cuentan con los siguientes límites:

**norte** : Río Moche  
**sur** : Terrenos eriazos  
**este** : Terrenos eriazos

**oeste** : Laredo

- **Clima**

Los veranos por lo general son cortos, calientes; los inviernos muchas veces son extensos, agradables y en parte nublados y seco durante el año. A lo largo de este, la temperatura usualmente va de 16.5 a 25.5 °C y pocas vez baja a menos de 14 °C o va más allá de los 28.8.

- **Aspectos demográficos, sociales y económicos**

El proyecto ayudará a los habitantes a los cuales comunica, dentro de los que se encuentran: Santo Domingo, Cerro Blanco, Quirihuac Nuevo, Quirihuac Bajo, Las cocas y Jesús María, alcanzando un total de 2215 habitantes según el censo Nacional de 2017:

**Tabla 2- Estimado de la población beneficiada**

<b>CENTRO POBLADO / SECTOR</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
JESUS MARIA	399	207	192
LAS COCAS	189	103	86
QUIRIHUAC ALTO (QUIRIHUAC NUEVO)	316	159	157
QUIRIHUAC BAJO (QUIRIHUAC I)	114	56	58
CERRO BLANCO	549	272	277
SANTO DOMINGO	648	307	341
<b>TOTAL</b>	<b>2215</b>	<b>1104</b>	<b>1111</b>

Fuente: INEI. - Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017. XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)

- **Agricultura**

En lo concerniente a la agricultura a lo largo de la vía se siembran muchos productos a pequeña escala como son: cebolla china, fresa, lechuga y el principal sembrío es la caña para la fabricación de la azúcar.

- **Ganadería:**

Los pobladores de los alrededores, se dedican a la crianza de ganados en menor escala como son: ganado vacuno, aves de corral (principalmente gallinas).

- **Ingresos**

Actualmente el ingreso principal es la Ruta Nacional PE – 10 A, que comunica la ciudad de Trujillo con el interior del departamento. De esta vía, a la altura del Km 9+XX, se deriva un acceso hacia el caserío Santo Domingo, desde el cual se inicia el tramo hasta alcanzar a la localidad de Quirihuac, desde donde la vía vuelve a conectarse con la Ruta PE-10 A.

- **Infraestructura de servicios**

- **Educación:** De las zonas beneficiadas del proyecto solo Santo Domingo tiene un colegio de nivel primario, para los otros niveles tienen que trasladarse a Laredo caminando o en un transporte particular, ya sea moto, auto, etc.

- **Casas:** Las que predominan en la zona son de material rústico, excepto algunas viviendas que son de material noble.

- **Servicios públicos existentes en Santo Domingo, Quirihuac.**

- **Servicios de agua potable:** Si tiene los servicios de agua, algunas veces es intermitente pero por lo general tiene un buen servicio.

- **Servicios de alcantarillado:** si tiene los servicios.

- **Servicios de energía eléctrica:** si tiene los servicios.

**La Formulación del problema de nuestra tesis se basa en:**

¿Cómo es el diseño de la carretera a nivel de afirmado tramo Quirihuac – Santo Domingo-Laredo-La Libertad?

**Nuestras Justificaciones del estudio que presentaremos en nuestra tesis son:**

**La Justificación Social**, de este proyecto se justifica socialmente ya que al mejorar este tramo se logrará más beneficios en muchos sectores como por ejemplo; en salud, los médicos, enfermeras y todo el personal técnico del área de salud tendrán un acceso más rápido a la zona de influencia de este proyecto, ya que ante cualquier emergencia una ambulancia podría llegar mucho más rápido y sin mayor inconveniente para poder trasladar a la persona que se encuentra delicada de salud, en el sector agrario las asociaciones agrícolas van a tener más oportunidad de que los comerciantes mayoristas se acerquen a negociar mejores condiciones para el desarrollo de la zona, pequeños comerciantes van a tener un mejor acceso a las ofertas de las empresas reconocidas como Coca Cola, Inca Cola, Field, Molitalia; los cuales tienen personal de campo que se traslada por las vías de comunicación y llegan a los lugares más alejados para ofrecer los productos que las marcas ofrecen.

**La Justificación Económica**, actualmente el Estado Peruano viene llevando a cabo una ardua labor de brindar soluciones a problemas sociales, económicos, y culturales en nuestro país. Lo que conlleva al incremento de la inversión, mejoramiento y rehabilitación de toda la infraestructura de transporte terrestre para la interconexión de los pueblos y así puedan crecer y fomentar el desarrollo de los pobladores.

**La Justificación Tecnológica**, en el camino que une Quirihuac con Santo Domingo no se encuentra en buenas condiciones, anchos de vía no adecuados y radios de curvatura mal diseñados, obras de arte faltantes. Con el mejoramiento de esta vía, el riesgo de sufrir accidentes se disminuiría notablemente.

**La Justificación Ambiental**, Ambientalmente para evitar el polvo en la zona está aplicando melazas ocasionando saturación del terreno por exceso de material extraño y por consiguiente deterioro de la capa superficial del terreno y posibles contaminaciones de las aguas subterráneas. Por eso es importante que se elimine esta práctica y se consolide la carretera en la zona.

**Nuestros objetivos que nos basaremos para nuestra tesis son:**

**El Objetivo general** es realizar el diseño de la carretera en el tramo Quirihuac –Santo Domingo-Laredo-La Libertad,

**Los objetivos específicos** a detallar lo consideraremos en lo siguiente:

- Realizar el estudio topográfico de la carretera,
- Realizar el estudio de mecánica de suelos,
- Ejecutar el estudio de hidrología y drenaje,
- Elaborar el diseño geométrico de la vía y el diseño del pavimento,
- Realizar el estudio de impacto ambiental.

**Nuestra Hipótesis será:**

El diseño geométrico de la carretera a nivel de afirmado tramo Quirihuac – Santo Domingo-Laredo-La Libertad, está de acuerdo con los requisitos establecidos en el Manual del MTC - DG 2018

## II. MARCO TEORICO

Nuestros trabajos previos para la implementación del presente estudio se tomarán en consideración los trabajos de investigación donde se resaltan prácticas para la aplicación de distintos métodos sobre vías de acceso.

**Alemán (2015)**, con la tesis: “Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de camino de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-cantón Victoria, Santa Tecla, la Libertad, utilizando software especializado para el proyecto de carreteras”, se centra principalmente a proponer un diseño geométrico de la ruta que va por el Volcán de San Salvador (en la cordillera volcánica central), la población beneficiada está estimada en una cantidad de 50 mil habitantes entre las ciudades Quezaltepeque y Victoria en el país de El Salvador, la actual ruta de comunicación es un camino improvisado por los pobladores para satisfacer su necesidad de vías de comunicación, también indica que un buen diseño geométrico está basado en buenos estudios de topografía, geología, hidrología e hidráulicos, el diseño de esta vía de acceso tiene en cuenta las normas del propio país y para realizar el diseño de la carretera utiliza el software Carlson 2013 que se utiliza con el AutoCAD para el proceso de terraplenes, topografía, construcción, de ingeniería de minas y GIS, este trabajo concluyó que la vel. Max. es de 30 km/h, la zona presenta topografía accidentada, el diseño de esta vía es un mejoramiento de camino vecinal que los pobladores de la zona han acondicionado para poder trasladarse de un lugar a otro.

**Parrado (2017)**, en su tesis: “Propuesta de un diseño geométrico vial para el progreso de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá” – plantea su objetivo, crear una oferta de diseño geométrico vial para su perfeccionamiento del tránsito en las municipalidades de Mosquera y Funza, departamento de Cundinamarca hasta llegar a comunicarse con la ciudad de Bogotá por el suroccidente, la población beneficiada en este proyecto está alrededor de 160 mil habitantes, estas vías se encuentran



sumamente saturadas debido a que las ciudades son altamente industrializadas y hay gran cantidad de camiones de carga que ralentizan la velocidad de los vehículos; esta propuesta concluye que hay una tendencia homogénea en el comportamiento del tráfico. El diseño de este nuevo camino tipo variante en la zona campestre, es una buena solución para comunicarse entre las municipalidades del departamento de Cundinamarca con la capital que es Bogotá, disminuyendo los problemas de tránsito de las municipalidades de Mosquera y Funza, dando lugar a que la zona tenga una mejor perspectiva de crecimiento económico en los sectores dando lugar al crecimiento económico de la zona.

**Rengifo (2015)**, con su tesis: “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)” – el trabajo hace principalmente una comparación de diferentes pavimentos de un kilómetro de esta vía en el tramo de Huacho a Pativilca. Se calculó espesores mínimos de las capas del asfalto tanto en pavimento flexible como rígido. El tipo de pavimento flexible usan las metodologías de la **Asociación** Americana De Oficiales De Carretera Y Transportes Del Estado (AASHTO) y la del IA, y en el pavimento rígido se utiliza la metodología AASHTO y la de la Asociación de Cementos Portland.

Para el proyecto de este trabajo los datos que utiliza para el cálculo del diseño de la vía toma los IMDa según data histórica, teniendo una tasa de aumento anual de 5.1% que es histórica y así calcula los ejes equivalentes, toma en cuenta una vida útil de 15 años; ESAL para el pavimento rígido calculado es mayor que para el pavimento flexible, el factor equivalente de carga (EALF) en pavimento flexible es mayor que para pavimento rígido cuando la carga por cada eje no es muy alta y varia el orden conforme aumenta la carga, al final se desarrolla una comparación económica del precio inicial en construcción del tramo para ambos tipos de pavimentos el rígido y el flexible, dando como el de menor precio inicial el de la pavimentación flexible pero aclarando que a la larga esta tiene mayor costo de mantenimiento.

**Delzo (2018)**, con su tesis: “Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme Ruta AN-111 –Tingo Chico, provincias de Huamalíes y Dos de Mayo, Departamento de Huánuco”, propone un diseño geométrico de diez kilómetros de pavimentación e instalación de señales de tránsito, usando la norma vigente en la fecha la DG 2014, el diseño que propone es flexible; tomando los IMDa según data histórica tiene una tasa de incremento anual de 4.7%, realiza el planteamiento de un camino de 6 metros de ancho, pendientes del 3% y casos puntuales de 4%, una velocidad máxima a mantener con seguridad y comodidad de 40 km/h, el radio es de 45 metros y las curvas horizontales mayores al radio mínimo siendo el menor de sesenta metros, por ser una zona con fuertes precipitaciones considera un bombeo de 2.5 %, para las curvas de nivel utilizaron el programa: global mapper, permitiendo obtener una topografía del lugar de un modo referencial.

**Galán (2018)**, con su tesis: “Evaluación de las Características Geométricas de la Carretera Huaraz –Pinar, Aplicando las Normas del M.T.C., En Independencia, Huaraz, Ancash, 2018” – En este trabajo se realizó la evaluación de las características actuales de la ruta y ver si cumplen con las normas actuales del MTC, esta evaluación se ejecutó con el Manual del MTC DG - 2014; el IMDa se realizaron los muestreos respectivos en el tramo asignado, dando como resultado una vía de segunda clase, y siendo terreno accidentado, el bombeo recomendado es de 2.5% en la cual solo cumplían 27% del total, una vel. Max. de diseño de 60 km/h, radio mínimo de 125 metros, teniendo un resultado final en la evaluación que 57% de curvas son menores que el radio mínimo, el tramo evaluado posee pendientes mayores al 8% pero las longitudes presentes son menores a la crítica.

**Astonitas (2018)**, con su tesis: “Mejoramiento de la carretera Solecape – Cruz de Medianía – panamericana norte, distrito de Mochumí – departamento de Lambayeque – región Lambayeque – 2018” – en este plantea la construcción de una carretera que será de vital importancia para los Caseríos en Lambayeque, proponiendo un diseño de la vía y la

estructura de pavimento a utilizar, así como el diseño de la transitabilidad vehicular y peatonal, los IMDa se determinaron con un muestreo de una semana durante 24 horas al día, el cual arrojó un valor de 209 veh/día y la mayor cantidad de vehículos son vehículos ligeros clasificándola en carretera de tercera clase, se planteó un pavimento flexible, efectuando el cálculo según el método AASHTO, el diseño geométrico da como resultado un radio no menor de 30 metros y una velocidad directriz de 40 km/h, la pendiente máxima del terreno es de 2.6%, el terreno natural es una arena con pocos finos y arena limosa de baja plasticidad y clasificándose como bueno para subrasante, el costo para la construcción de esta carretera llega a 1 millón de soles por kilómetro, siendo el ancho de la calzada de 5 m.

**Valverde y Ballena, (2017)**, con su tesis: “Diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal San Juan De Pamplona – Santa clara – Villa Hermosa, L =11 km, distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – Región Loreto”, sus conclusiones fueron: Estos trabajos en afirmado del Camino Vecinal, mejorarán el nivel de la zona del proyecto y los alrededores ya que facilitará el acceso a los servicios básicos primarios como seguridad, salud, y muchos otros. Para el diseño del camino vecinal se cumple con los parámetros establecidos en las normas de carreteras de bajo volumen de tránsito que estaban vigente en el Perú, que es la DG-2014. El diseño involucra también el pavimento y el sistema de drenaje. El tiempo de vida que se considera en este proyecto es de 20 años para todas las estructuras. El cálculo del CBR en laboratorio da una ayuda para poder diseñar el espesor del afirmado, ya que todos los diseños de pavimentos granulares están basado en este valor encontrado. Un incorrecto estudio de laboratorio incidirá ineludiblemente en un diseño antieconómico y/o malo. Para el Espesor del pavimento se empleó el método de NAASRA ya que cumple con las expectativas propuestas, para el diseño de caminos de bajo volumen de tránsito.

**Zavaleta (2018)**, con su tesis: “Diseño para el mejoramiento de la carretera del tramo puente Quirihuac – anexo las Cocas – Jesús María, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad” En este trabajo se

efectúa el diseño para el mejoramiento de la carretera de acuerdo a la normatividad vigente del MTC: DG-2014. La población beneficiada para este proyecto sería la población de Las Cocas y Jesús María cuyo objetivo es de alcanzar el desarrollo socioeconómico, ambiental y turístico del área de influencia. La conclusión de este trabajo fue una velocidad de diseño de cuarenta kilómetros por hora una pendiente una máxima de 10%., IMDa se calculó en 167 vehículos, de los cuales el 80% son vehículos livianos, el costo total presupuestado es de ocho millones setecientos mil soles (S/. 8 700 000.00) por 7 kilómetros de vía, lo que hace un aproximado de un millón doscientos cuarenta y tres mil soles por kilómetro (S/. 1 243 000.00)

El proyecto se desarrollará sobre la base teórica recopilada que a continuación se detalla, no siendo ésta, un limitante para la elaboración del estudio.

### **Infraestructura vial**

- **Carretera**, Lugar donde transitan los automóviles de dos ejes o mas, la carretera debe tener las características geométricas que satisfagan la necesidad de los vehículos que transitan por esta vía y ésta debe cumplir las normas vigentes de ley.
- **Estudio Topográfico**, Un conjunto de métodos, principios, procedimientos e instrumentos utilizados para determinar el entorno, las medidas y la posición relativa de una parte particular de la superficie de la tierra; Además, el cronograma del proyecto corresponde a la topografía.
- **Método Racional**, se utiliza cuando la información disponible del área de trabajo no es muy completa o muy fiable, esta no puede exceder de las 1000 hectáreas; su validez también depende de la fiabilidad del valor del coeficiente de escurrimiento (c) y del tiempo de concentración utilizado en el cálculo.

- **Proyectos de nuevo trazo**, Permiten la inclusión de una vía inexistente a la infraestructura vial presente. El caso más obvio es el diseño de carreteras inexistente, incluidas las que caen dentro o fuera de importancia en esta categoría. Para Túneles y puentes, es una nueva colocación. Este es el caso de tales trabajos que se realizan en una segunda carretera, lo que equivale, por ejemplo, al reemplazo del trazo de ruta existente, este será el estudio final en su nueva ubicación.
- **Estudio de Mecánica de Suelos**, Es el estudio que nos da a conocer el CBR y la granulometría del área donde se va a realizar las construcciones y donde los métodos como ASHTO el cual estudia la respuesta de las construcciones de pavimento con grosores dados, bajo las cargas variables y bajo efecto del medio ambiente y SUCS que nos da a conocer los valores del índice líquido y plástico del suelo.
- **Diseño Geométrico de Vías**, Dependiendo de los parámetros del proyecto vial y los diversos elementos y factores internos y externos, se configuran para cumplir mejor con estos aspectos, tales como seguridad, satisfacción, rendimiento, medio ambiente, economía y estética.

#### **Criterios para el diseño de apertura de red vial.**

- **Topografía – Técnicas Modernas**, se realiza para conseguir información de las pendientes, medidas, alturas, entre otras cosas del terreno a intervenir, luego se utiliza programas y hojas de calculo para definir el estudio topográfico.
- **Estudio de Mecánica de Suelo, Cantera y Fuentes de Agua**, se encuentran comprendidos todos los trabajos para saber las características físico-mecánicas del terreno de fundación, teniendo en cuenta lo siguiente:

El Perfil Estratigráfico en escalas adecuadas, cuyas respuestas se alcanzarán luego de hacer las exploraciones de campo y también los

de laboratorio. Se presentarán en forma gráfica los tipos de suelos y características físico – mecánicas, espesor de los estratos, nivel freático entre otros detalles más.

- **Estudio Hidrológico, el “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC”** Se menciona que la hidrología son de fundamental importancia para: La planificación del trabajo hidráulico para llevar a cabo estos estudios a menudo utiliza modelos matemáticos el cual representa el comportamiento de la cuenca que se está investigando. El conocimiento adecuado del comportamiento hidrológico de una fuente de agua es importante para determinar las zonas expuestas a eventos hidrometeorológicos excesivos. y para asegurar el diseño adecuado del trabajo.

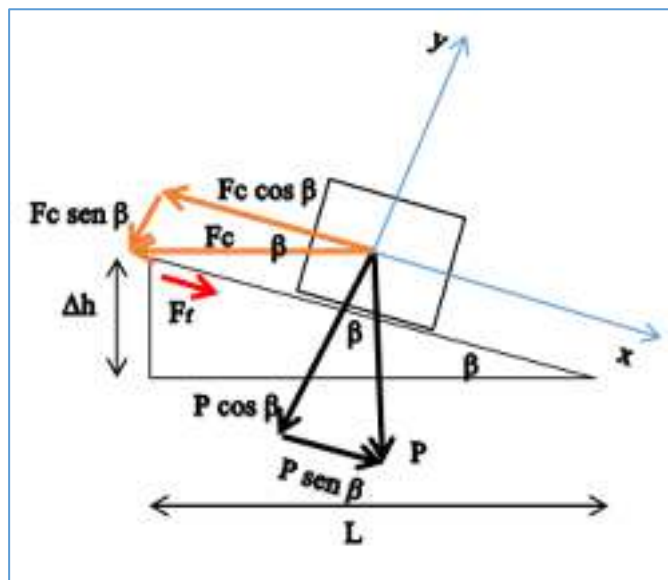
#### **Nuestro marco conceptual será:**

Los principales conceptos extraídos del: **“Manual de Carreteras. Diseño Geométrico DG-2018”** – enero 2018, aprobada por Decreto Supremo N.º 034-2008- MTC y “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial” – enero 2018, aprobada por Resolución Ministerial N° 02-2018-MTC/14.

- **Acarreo**, constituye el transporte de diversos materiales en especial los agregados que se hacen a los lugares donde se necesitan estos materiales.
- **Afirmado**, Capa comprimida de material granular sea este natural o procesado, con una gradación específica que se ha colocado y el cual tiene la función de soportar directamente las cargas y esfuerzos del tránsito.
- **Agregado Grueso**, Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general el material que se retienen en la malla N°4 (4,75 mm), es el que se hace llamar agregado grueso.

- **Alcantarilla**, Elemento del sistema de drenaje superficial de una carretera, construido en forma transversal al eje o siguiendo la orientación del curso de agua; puede ser de madera, piedra, concreto, metálicas y otros. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas.
- **Altitud**, Es la distancia vertical de una cota del terreno respecto al punto cero el cual se considera el nivel del mar.
- **Área de Trabajo**, Es el lugar donde se desarrollarán los trabajos y se realizarán las instalaciones complementarias: campamentos, polvorin, canteras, entre otros mas.
- **Análisis Granulométrico o Mecánico**, Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.
- **Badén**, normalmente se construye con una mezcla de piedra y concreto, esta permite el paso de aguas menores por la vía.
- **Bombeo**, es la Inclinação de la vía que se hace desde el eje de la misma para facilitar el drenate lateral del agua sobre la vía.
- **Botadero**, Area que se designa para el deposito de desechos los cuales deben de ser clasificados para evitar una contaminación del medio ambiente y se puedan disponer fácilmente mas adelante.
- **Calicata**, Hueco que se hace en el terreno, el cual nos revela la estratigrafía del suelo en sus diferentes profundidades.
- **Camino**, Ruta terrestre que es utilizada para que los vehículos puedan desplazarse, estos pueden ser también peatones y animales. No se considera las vías férreas parte del camino.
- **Carretera Afirmada**, Ruta cuya superficie donde transitan los autos está constituida por una o más capas de afirmado.
- **Cuneta**, Canal por donde corren las aguas, sean de cualquier fuente, tienen formas variadas y predominan las formas triangular o rectangular se le coloca al lado de la berma.

- **Derecho de Vía**, Porción del terreno donde se encuentra la vía y todos los elementos que la conforman, también se tiene previsto el área para el ensanche de la vía.
- **Obras de Arte**, Son las construcciones que se usan para el cruce de aguas, drenar estas aguas que están en el camino, sostener terraplenes y taludes, evitar la erosión de los mismos.
- **Rasante**, es parte del nivel de la superficie de rodadura. Esta se ubica en el eje de la carretera.
- **Superficie de Rodadura**, es la parte externa del pavimento que está en contacto con el medio ambiente y con las llantas de los automóviles que transitan por ella.
- **Velocidad de Diseño**, Máxima velocidad para el diseño de una vía, la cual se hace con un tipo de vehículo y sus elementos para el cálculo.
- **Peralte** es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, cuya principal función es la de contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. Para demostrar de donde salen los valores de los cuadros que utilizan para el diseño de carreteras de **peraltes máximos y radios mínimos** (tabla 302.02 manual de carreteras DG-2018) se realiza el siguiente análisis:



**Figura 1-** Esquema de fuerzas en un plano inclinado



$$\text{tangente } \beta = \frac{\Delta h}{L}$$

Se considera un vehículo está desplazándose en una curva de radio R con una velocidad V Sabemos que:

Fuerza centrífuga es:  $F_c = m \cdot a_c$ .

Aceleración centrífuga:  $a_c = \frac{V^2}{R}$

Peso del vehículo:  $P = m \cdot g$

Fuerza de Fricción :  $\mu * \text{Normal}$  ,  $\mu$ : *coeficiente de fricción*.

$$\Rightarrow F_c = \frac{P}{g} * \frac{V^2}{R} \quad (a)$$

$$\Rightarrow F_f = \text{fuerza de fricción} = \mu * \text{Normal} \quad (b)$$

$$\Rightarrow \text{Normal} = F_c * \text{sen } \beta + P * \cos \beta$$

### Equilibrio en el eje X-X

$$F_f + p * \text{sen } \beta = F_c * \cos \beta \quad \dots\dots\dots(1)$$

(a) Y (b) En (1):

$$\mu * \left( \frac{P * V^2}{g * R} * \text{sen } \beta + P * \cos \beta \right) + P * \text{sen } \beta = \frac{P * V^2}{g * R} * \cos \beta \quad \dots\dots\dots(2)$$

dividimos la ecuación (2) entre  $P * \cos \beta$

$$\mu * \left( \frac{V^2}{g * R} * \tan \beta + 1 \right) + \tan \beta = \frac{V^2}{g * R}$$

Definimos a la  $\tan \beta = e = \text{peralte}$

$$\mu * \left( \frac{V^2}{g * R} * e + 1 \right) + e = \frac{V^2}{g * R}$$

$$\mu * \frac{V^2}{g * R} * e + \mu + e = \frac{V^2}{g * R}$$

$$\mu + e = \frac{V^2}{g * R} * (1 - \mu * e)$$

Según el manual de carretera DG-2018:

El Coeficiente de fricción ( $\mu$ ) está entre 0.08 a 0.17

La Pendiente Máxima ( $e$ ) 12% = 0.12

Se asume que el valor de  $(1 - \mu * e)$  es muy cercano a 1, por lo tanto, la ecuación de **radios mínimos quedaría** como:

$$R = \frac{v^2}{(e+\mu)*g}$$

Siendo: v= velocidad de diseño

e = peralte máximo

μ = coeficiente de rozamiento máxima

**Tabla 3- Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras**

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Pmax (%)	fmax	Radio Calculado (m)	Radio Redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.1	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
	130	4.00	0.08	1108.9	1110

fuelle: Extraído de la tabla 302.02 Manual de Carreteras: DG- 2018.

El manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito (2008) nos indica que el drenaje superficial cuyo propósito es la eliminación del exceso de líquido sobre la capa superficial del terreno la cual se realiza por una cantidad de canales poco profundos que acumulan los líquidos de escurrimiento y de la descarga de los drenes colectores. Normalmente se trata de aprovechar cauces naturales o depresiones para los colectores y algunos secundarios.

Para ayudar a un buen drenaje superficial en las carreteras se utiliza el bombeo de las mismas la cual es una pendiente que va del eje de la carretera hacia los bordes permitiendo así el escurrimiento de las aguas

superficiales que se encuentran en la carretera y evitando que se deterioren prematuramente las carreteras. (MTC, 2013, 99.)

### III. METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación:

- Según la finalidad : APLICADA
- Según la característica : DESCRIPTIVO
- Según la naturaleza : CUANTITATIVA
- Según su temporalidad : TRANSVERSAL

##### Diseño de investigación:

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (Hernandez Sampieri, y otros, 2010)

Tal como indican los autores anteriormente en nuestra investigación, se buscará y recogerá los datos de forma directa para luego realizar la toma de decisiones, se usará el **diseño Descriptivo**.

Se usará:

A → B

**A:** es el lugar donde se realizarán los estudios del proyecto y a la población que se encuentra dentro del área de influencia del proyecto.

**B:** son los datos o información básica que se recogen del proyecto.

##### Se desarrollará en función a:

- Estudio de topografía.
- Mecánica de suelos.
- Hidrología y drenaje.
- Diseño geométrico (D.G.)
- Estudio de impacto ambiental.

### 3.2 Variables y operacionalización:

- **Variable:**

Diseño de la carretera

- **Definición conceptual:**

“El D.G. de una vía es el método de la ingeniería que radica en ubicar la vía de acceso en el terreno. Las circunstancias para ubicar una vía de acceso sobre la subrasante son diversas, tomando en cuenta el estudio topográfico, hidrología, la geología, el medio ambiente”.

- **Definición operacional:**

“Se hará uso de la topografía, con ayuda de programas de análisis topográficos y el empleo de los métodos de estudio de suelos”.

- **Dimensiones de la variable:**

**Estudio topográfico.** “Estudio que se encarga de la identificación del área en los tres planos fundamentales se hace sobre un terreno o superficie con las herramientas adecuadas para hacer las representaciones graficas necesarias”.

**Estudio de mecánica de suelos.** “Es el que ayuda a identificar el estado del terreno base, determinados mediante proceso y evaluación de resultados estudiados en laboratorio”.

**Estudio hidrológico:** Permite hacer los estudios hidrológicos en el área que afecta el proyecto, que permite plantear el diseño de las diferentes obras de arte (cunetas, alcantarillas, badenes, pontones, entre otros).

**Diseño geométrico de la vía.** Método que nos ayuda para poder hacer un trazo óptimo para los alineamientos del tramo en mención, siguiendo la normativa vigente que se encuentra en las DG – 2018.

**Estudio de impacto ambiental.** “Nos ayuda a estudiar y determinar los probables impactos que afectan al hábitat, como resultado de la ejecución de la obra.”

- **Operacionalización de Variables.**

La tabla de operacionalización de variables se muestra en el Anexo A del presente documento.

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

**Población:**

Esta está comprendida por la carretera en el tramo Quirihuac – Santo Domingo Distrito Laredo, Trujillo La Libertad

**Muestra:**

La que será considerada como muestra en nuestro estudio será la totalidad de la carretera.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas:**

Lo que se utilizará para la toma de datos es la de observación, el cual será de un registro visual de la situación del área del proyecto.

**Instrumentos:**

Los instrumentos a utilizarse serán:

Guías de observación, elaborados de manera que permitan el registro de datos obtenidos mediante el uso de equipo topográfico, de mecánica de suelos y otros.

**Validez y confiabilidad:**

Toda la información que se recogerán en la zona deberá seguir la guía de observación, los equipos deberán de ser de buena calidad y estar con certificación vigente, la recolección de información de los diferentes medios

sea escritos o electrónicos tendrá que ser de fuentes primarias, observaciones de campo y análisis de muestras.

### **3.5 Procedimientos**

- Levantamiento Topográfico de la zona: se ejecutará usando un GPS de gran exactitud y estación total con certificado de calibración vigente.
- Estudio de mecánica de suelos: Es por medio de la excavación y calicatas cada kilómetro lo cual nos dará información del tipo de suelo en la zona, humedad del terreno y demás propiedades necesarias para identificar el tipo de suelo.
- Estudio hidrológico y drenajes: se realizará utilizando datos históricos recolectados en estaciones hidrometeorológicas, estadísticas de estudios hidrológicos anteriores o históricos, identificaremos quebradas y ríos cercanos para el diseño de drenajes, mediante alcantarillas, entre otros.
- D.G. de la Vía: se realiza siguiendo la norma vigente para Perú con sus velocidades, pendientes, radios, entre otros para realizar la geometría perfil, planta y sección transversal, el diseño también se tiene que tener en cuenta el número y tipo de vehículos que pasan por el área, con esto se podrá determinar el tipo y espesor del pavimento.
- Estudio de Impacto Ambiental: Se identifican los mismos que se producirán al momento de la construcción de la carretera y al momento de la puesta de operación de la misma.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Todo lo recolectado en campo es registrado mediante gráficas, tablas y demás, para analizar todo lo obtenido en campo y con el propósito de reducir el tiempo, simplificar el procesamiento se usará software de ingeniería comerciales más conocidos como el AutoCAD Civil 3D para la topografía y diseño geométrico, además se utilizará la hoja de cálculos como apoyo para la elaboración de gráficos, cuadros, entre otros.

### **3.7 Aspectos éticos**

El presente plan será hecho siguiendo los criterios de diseño y recomendaciones plasmadas en el Manual DG 2018, el RNE, normas del MTC, apoyados con Manuales de Drenaje para las obras de arte y demás otros si fueran necesarios que garanticen un correcto diseño de la ruta a proyectar; en tal sentido, el presente estudio tiene por compromiso acatar la autenticidad del producto de datos obtenidos e interpretación de los trabajos de gabinete y laboratorio. Normas de la universidad, reglamentos.

#### **IV. RESULTADOS:**

##### **RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO**

###### **Generalidades**

En el Estudio Topográfico se realizó tomando puntos de control, tanto verticales como horizontales dentro del área de la zona, se conectaron con un sistema de control, y a la toma de puntos necesarios en el levantamiento topográfico para que se pueda representar de una manera más exacta el terreno de levantamiento a fin de representar lo más parecido el terreno en planos topográficos a escalas convenientes. Nuestro levantamiento topográfico lo dividiremos en dos partes:

- Trabajos de campo el cual se realiza para la recolección de la información;
- Trabajos de oficina, para calcular y procesar la información recolectada anteriormente y luego realizar los planos respectivos.

###### **Ubicación del proyecto:**

Laredo es uno de los once distritos de la provincia de Trujillo, en el departamento de La Libertad, dentro del cual se encuentra Santo Domingo que es un caserío que está en la margen izquierda del río Moche cerca al centro poblado San Pachuzco.

###### **Ubicación de los puntos representativos (inicial y final).**

Luego de la inspección del área de trabajo, se ubicaron el punto respectivos del área de trabajo los cuales son: inicial y final.

###### **Punto inicial**

Son las siguientes coordenadas UTM: E 730028.009 m, S 9103843.886 m y a una altitud de 120 metros

###### **Punto final**

En este punto se obtuvo como coordenadas UTM: E 737367.03 m, S 9108815.7 m y a una altitud de 241 metros



### **Verificacion del área de trabajo.**

Se recorrió la zona por donde se diseñará la vía para poder identificar el área de trabajo, en función al camino y la observación se pudo determinar:

- La carretera en estudio, se inicia en el Centro Poblado de Santo Domingo, y se deriva de la ruta departamental LI-1079, convirtiéndose en una ruta alterna a esta, donde se fija el km 0+000. El punto inicial se encuentra debidamente señalado (BM-1).
- Continúa su recorrido, bordeando la zona semi rústica del CC.PP. Santo domingo, avanzando en dirección Este, llegando al Puente de Fierro, en el sector Cerro Blanco, a la altura del Km 5+600 aproximadamente.
- Desde este punto, sigue el recorrido de la ruta LI-1079 (carretera Industrial), hasta alcanzar el Puente Quirihuac (que da acceso a Quirihuac Nuevo), en el sector Quirihuac Bajo.
- A partir de aquí, el alineamiento se separa de la Ruta LI-1079, y se vuelve a intersectar al final del recorrido, a la altura del sector Las Cocas, antes del CC. PP. Jesús María, alcanzando una longitud de 10.000 Km.
- Durante el recorrido, se atraviesa terrenos de cultivo y viviendas alrededor de la zona de estudio.

### **Metodología de trabajo**

- **Personal**
  - 02 tesistas responsable de la Topografía.
  - 01 topógrafo.
  - 01 ayudante.
- **Equipos.**
  - 01 equipo para levantamiento topográfico - estación Total
  - 01 equipo de sistema de posicionamiento global.
  - 01 trípode de Aluminio.
  - 02 prismas.

- 01 camioneta.
- ***Materiales.***
  - 01 Cuaderno de Apunte
  - 02 lapiceros
  - 01 bloqueador Solar
  - 01 wincha de 50 m.
  - 01 wincha de 3 m
  - Pintura
  - Estacas
  - comba

### **Procedimiento**

Realizamos la verificación de la zona, con la estación total ES-105, con ella realizamos el levantamiento topográfico, almacenando la información recolectada por el equipo en la memoria de la misma, para luego de realizar los trabajos en gabinete mediante el uso del software realizar el diseño del trazo.

- ***Levantamiento topográfico de la zona***

Usamos el GPS y el equipo de estación total con sus dos prismas para poder hacer el trabajo lo más fluido y rápidamente posible; se procedió a marcar el punto inicial, kilómetro 0+000, el cual se consideró dentro de Santo Domingo. Colocamos algunos puntos estratégicos, anotamos las coordenadas de los puntos anteriormente citados con la ayuda del equipo de sistema de posicionamiento global los anotamos en el cuaderno de campo para tenerlos como referencia y su posterior verificación. Los puntos de referencia (P.R.) se trato de colocar con una distancia entre ellos de aproximadamente cada 500 m.

Establecimos la línea base para el azimut de inicial, al eje proyectado, a la cual le asignamos coordenadas y cotas relativas usando un equipo de sistema de posicionamiento global, posteriormente ubicamos la estación en el primer punto que lo denominamos E-01, con la nivelación, plomada y marcada del punto,

la cual se obtendrá una buena cantidad de puntos y luego se realiza el cambio de estación al punto denominado E-02 y así hasta terminar con toda el área definida para realizar el trabajo.

El levantamiento fue elaborado mediante el método de la poligonal abierta, siendo E-01 el primer punto de la poligonal, el levantamiento lo realizamos en 03 días, después se realizó en oficina, en la definimos el trazo más favorable y económico, resaltando que para el trazo del eje tuvimos que tomar en cuenta las autorizaciones de los propietarios que están en el área que rodea la vía.

- *Puntos de georreferenciación*

Se obtuvo mediante los equipos GPS-Garmin (Etrex20), posicionándose en lugares estratégicos de mayor visualización para el registro de puntos, a una distancia aproximada no menor a los 200 metros la cual nos certifica un mayor grado de precisión en el levantamiento.

Los dos puntos tomados fueron codificados mediante libreta de campo como P.R.01 y EST.02, haciendo referencia a la nominación Punto de Referencia y Estación 01 respectivamente.

Se registró los siguientes puntos:

**Tabla 4 - Ubicación de puntos de referencia (PR)**

Nº PR	COORDENADAS		ALTITUD
	NORTE	ESTE	
P.R.01	9103820.262	730025.031	120.501
P.R.02	9103972.250	730848.850	133.000
P.R.03	9104792.760	731432.480	135.000
P.R.04	9104938.740	732343.680	160.000
P.R.05	9105291.850	733444.030	160.000
P.R.06	9105765.550	734238.870	172.00
P.R.07	9106974.520	735757.020	206.000
P.R.08	9107739.700	736236.640	214.000
P.R.09	9107778.410	737264.760	235.000

P.R.10 9108815.700 737367.030 241.000

Fuente: Elaboración propia.

Luego estas coordenadas fueron corregidas con el equipo Estación Total, arrojándonos errores de 5 y 6 mm, permisibles para este tipo de trabajos.

- *Puntos de estación*

En el proyecto se consideraron varios puntos de estación situados lo más estratégicamente posible, de los cuales se visó y registro todos los puntos que comprenden el levantamiento para el estudio.

**Tabla 5 - ubicación de puntos de estaciones.**

ESTACION	NORTE	ESTE	ALTITUD
E1	9103843.89	730028.009	119.921
E2	9103896.27	730029.444	119.344
E2	9103915.95	730029.769	118.737
E1	9103843.89	730028.009	119.921
E3	9103941.07	730126.694	120.709
E2	9103915.96	730029.817	118.659
E4	9103933.48	730180.176	121.341
E3	9103941.07	730126.705	120.677
E4	9103933.46	730180.166	121.325
E5	9103790.58	730219.091	125.457
E5	9103834.11	730195.834	124.325
E7	9103779.72	730338.962	127.26
E6	9103790.58	730219.112	125.443
E8	9103806.23	730503.006	127.425
E9	9103905.260	730464.560	128.000
E10	9104081.080	730919.750	132.000
E11	9104458.590	731256.560	135.000
E12	9104494.740	731278.690	134.000
E13	9104784.060	731416.280	135.000
E14	9104861.780	731573.510	139.000
E15	9105032.290	731725.180	137.000
E16	9105081.130	731875.830	138.000
E17	9105059.180	732093.100	141.000
E18	9105031.060	732161.890	143.000
E19	9104943.790	732327.040	153.000
E20	9104996.540	732568.950	155.000
E21	9104969.650	732860.400	163.000
E22	9105019.480	732964.470	160.000

E23	9105137.670	733133.890	156.000
E24	9105398.270	733673.070	163.000
E25	9105464.350	733821.330	166.000
E26	9105666.310	734072.810	168.000
E27	9105698.870	734173.310	171.000
E28	9105801.790	734289.260	172.000
E29	9105863.530	734258.710	171.000
E30	9105991.890	734345.150	172.000
E31	9106099.970	734406.110	174.000
E32	9106394.160	735008.080	187.000
E33	9106666.910	735524.730	199.000
E34	9107368.470	735869.910	211.000
E35	9107622.100	736106.310	214.000
E36	9107782.500	736522.900	222.000
E37	9107771.040	736554.930	223.000
E38	9107689.340	736853.750	232.000
E39	9107723.530	737010.800	234.000
E40	9107716.600	737201.200	235.000
E41	9107896.570	737358.790	235.000
E42	9108277.990	737335.280	234.000
E43	9108520.940	737421.620	237.000
E44	9108672.660	737425.060	238.000
E45	9108805.560	737373.630	240.000

Fuente: Elaboración propia.

- *Toma de detalles y rellenos topográficos*

A efectos de complementar la información, se realizaron levantamientos topográficos en puntos especiales como: cantera, depósitos de excedentes de materiales entre otros, cuyos resultados se incluyen en los planos correspondientes.

- *Leyenda utilizada en el levantamiento topográfico.*

**Tabla 6 - Leyenda para estudio topográfico.**

LEYENDA	SIGNIFICADO
P.R.	Punto de referencia
E-01, E-02...	Estaciones
EjE	Eje del camino

<b>CANAL</b>	<b>canal</b>
<b>CALL</b>	<b>calle</b>
<b>POST</b>	<b>poste</b>
<b>CAM</b>	<b>Camino</b>
<b>ESQ</b>	<b>Esquina</b>

---

### **Trabajo de gabinete**

El trabajo de gabinete lo hicimos teniendo como referencia los puntos topográficos guardados en la memoria de la estación total, así mismo los apuntes de la libreta de campo y las coordenadas almacenadas en la memoria del GPS.

- Procesamiento de la información de campo  
 Luego de tomar los datos de campo, procedimos a iniciar con el análisis de los datos obtenidos de la estación total, de la memoria del equipo topográfico lo pasamos a un USB y lo exportamos a Excel en formato csv, luego esa misma información la importamos al programa Autocad Civil 3D, en el cual modelamos el terreno generando las curvas de nivel, obteniéndose el plano topográfico.
- Posteriormente, en la etapa de diseño,
  - En base al resultado del procesamiento de datos de campo, teniendo en cuenta el tipo de carretera, se establecieron los parámetros de diseño geométrico, en base al Manual de Carreteras – Diseño Geométrico, DG-2018, se diseñó el alineamiento.
  - Con el alineamiento definido, se trazó el perfil longitudinal del eje de la carretera, determinando las pendientes y curvas verticales, cumpliendo con los parámetros de diseño de la norma DG-2018.
  - Luego, se procede a obtener las secciones transversales de la carretera, tomando en cuenta el ancho, bombeo, peralte y sobreancho de la calzada; ancho de berma, dimensiones de cunetas, pendientes de taludes en corte y relleno, posteriormente el programa civil 3D nos da los volúmenes de corte y relleno.

- Al final se obtuvieron los siguientes planos: topográfico, de ubicación, en planta, perfil y secciones transversales.
  - Dibujo de planos
- Después de procesados los datos se obtienen todos los planos necesarios para la identificación del proyecto.

## RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

### Estudio de suelos

- **Alcance**

El presente estudio se realiza en base a la información obtenida de los ensayos de mecánica de suelos realizados sobre muestra extraídas del terreno a lo largo de la carretera en estudio, por lo cual, los resultados que se obtienen son para uso exclusivo en el presente proyecto.

- **Objetivos**

Establecer las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación proyectados a de la longitud del tramo en el cual consiste el “Diseño de carretera a nivel de afirmado en el tramo Quirihuac – Santo Domingo, Distrito Laredo, Trujillo La Libertad”

- **Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de una carretera cuyas características geométricas corresponden a una vía de tercera categoría según la norma peruana (DG-2018) que conecta las localidades de Quirihuac y Santo domingo, cuya superficie de rodadura se proyecta a nivel de afirmado, protegido con capa asfáltica.

- **Descripción de los trabajos**

El trabajo de campo consiste en la recopilación de la información que haya sobre el suelo a lo largo de la vía, esto a través de la ejecución de calicatas (excavaciones a cielo abierto) designadas como: C-0, C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9 un total de 10 calicatas, ejecutadas entre 1.40 m a 1.50 m de profundidad, respecto al nivel de subrasante; se realizó una calicata por kilómetro debido a que se trata de un terreno semejante. De cada calicata se obtuvieron muestras de suelo para su clasificación y adicionalmente, se realizaron 03 calicatas donde se tomó muestras para realizar el ensayo de Relación de



Soporte California (CBR) lo cual está acorde con el Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos.

La ubicación y características de las calicatas se muestra en el cuadro siguiente:

**Tabla 7 - Ubicación y Características de las calicatas.**

<b>CALICATA</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
C-01	1+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-02	2+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-03	3+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-04	4+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-05	5+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-06	6+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-07	7+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-08	8+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-09	9+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m
C-10	10+000	1.00 m	1.00 m	1.50 m

El conjunto de procedimientos que se realizó para elaborar el estudio de suelos, inicia con la visita en campo y ubicación de las calicatas a lo largo del tramo estudiado, de las cuales se extrajo una muestra de suelo para su posterior análisis en el laboratorio de suelos, Luego al obtener los datos del análisis se trabaja en gabinete generando de manera escrita e ilustre los resultados finales que se presentan

Para tener la ubicación de las calicatas se usó el manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", lo cual indica que la profundidad que tendrán son 1.5 metros y estarán ubicadas cada 1 kilómetro.

En todas las calicatas se realizó lo siguiente:

- Perfilado
- Toma de muestras para ensayo de laboratorio.

- **Ensayos de laboratorio**

Ensayos básicos para todas las muestras, y en muestras representativas de los suelos de la ruta se hicieron pruebas CBR.

**Tabla 8 -Relación de ensayos de mecánica de suelos**

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE MUESTRA	FIN DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	T88	D422	3.0 kg	Con ello se Determina la distribución del tamaño de la partícula que tiene el suelo del tramo de la carretera.
Contenido de humedad	Clasificación		D2216	3.0 kg	Se encuentra la cantidad de agua que hay en el suelo estudiado
Limite Liquido, limite plástico	Clasificación	T89 / T90	D4318	3.0 kg	Se realiza para encontrar el contenido de agua entre los estados: plásticos y líquidos
Índice Plástico	Clasificación	T90	D1557	3.0 kg	Determinar el rango de contenido de agua por encima de cual, el suelo está en un estado plástico
Compactación Proctor Modificado	Diseño de espesor	T180	D1557	16.0 kg	Con ello se halla a resistencia del terreno
California Bearing Ratio	Diseño de espesor	T193	D1883	25.0 kg	Hallar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo resiliente y el espesor de las capas

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"

En esta tabla "Estudios Realizados de Mecánica de suelos" se muestra los diferentes ensayos, en resumen, que se aplicaron a las muestras recogidas del campo a cada 1 km aproximadamente, nombrando el tipo de ensayo, uso, clasificación, tamaño de muestra que se ha utilizado y el fin del ensayo

Con toda la información obtenida y los resultados del laboratorio, los suelos del camino fueron identificados y clasificados en el sistema AASHTO llegando a elaborarse el perfil estratigráfico.

Las muestras obtenidas de las prospecciones ejecutadas se programaron los ensayos siguientes:

- Análisis granulométrico.
- Límite líquido.
- Límite plástico.
- Proctor modificado.
- C.B.R.

- **Descripción de calicatas**

- **Calicata N°1**

- **E-01/0.30 – 1.50 m.**

- Pasa malla 200: 53.26 %

- SUCS : CL

- AASHTO : A-6 (6)

- Humedad: 9.90 %.

- Ubicación Km 1+000, Lado derecho.

- **Calicata N°2**

- **E-01/0.00 – 1.50 m.**

- Pasa malla 200: 60.60%

- SUCS: CL

- AASHTO: A-4(5)

- Humedad de 9.80%.

- Ubicación: Km 2+000, Lado izquierdo.

- **Calicata N°3**

- **E-01/0.00 – 1.50 m.**

- Pasa malla 200: 18.32%

- SUCS: CG

- AASHTO: A-2-4 (0)

- Humedad: 9.80%.

- Ubicación en el Km 3+000, Lado izquierdo.

#### **Calicata N°4**

**- E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 57.55 %

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (6)

Humedad: 6.70%.

- Ubicación Km 4+000, Lado izquierdo.

#### **Calicata N°5**

**- E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 59.22%

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (6)

humedad de 6.10%.

- Ubicación en el Km 5+000, Lado Derecho.

#### **Calicata N°6**

**- E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 53.47 %

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (5)

Humedad de 5.7%.

- Ubicación en el Km 6+000, Lado izquierdo.

#### **Calicata N°7**

**- E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 57.64 %

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (6)

Humedad: 3.60 %.

- Ubicación en el Km 7+000, Lado Derecho.

#### **Calicata N°8**

**- E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 67.48%

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (8)

Humedad: 5.10 %.

- Ubicación en el Km 8+000, Lado izquierdo.

**Calicata N°9**

- **E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 78.11 %

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (9)

Humedad: 6.40 %.

- Ubicación: Km 9+000, Lado Derecho.

**Calicata N°10**

- **E-01/0.00 – 1.50 m.**

Pasa malla 200: 78.26 %

SUCS: CL

AASHTO: A-6 (9)

Humedad: 6.70 %.

- Ubicación: Km 10+000, Lado izquierdo.

**Tabla 9 - Resumen de resultados de ensayos de mecánica de suelos**

MUESTRA	UBICACIÓN (Km)	Prof. (m)	Cont. De Hum. (%)	Porcentaje en Muestra de		
				Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
C-1,M-1	1+000	0.30 - 1.50	9.9	9.43	37.32	53.26
C-2,M-1	2+000	0.30 - 1.50	9.8	1.03	38.37	60.60
C-3,M-1	3+000	0.30 - 1.50	9.8	45.46	36.22	18.32
C-4,M-1	4+000	0.30 - 1.50	6.7	1.28	41.17	57.55
C-5,M-1	5+000	0.30 - 1.50	6.1	0.53	40.26	59.22
C-6,M-1	6+000	0.30 - 1.50	5.7	1.18	38.48	60.34
C-7,M-1	7+000	0.30 - 1.50	3.6	6.78	35.58	57.64

C-8,M-1	8+000	0.35 - 1.50	5.1	3.01	29.51	67.48
C-9,M-1	9+000	0.35 - 1.50	6.4	2.53	19.37	78.11
C-10,M-1	10+000	0.40 - 1.50	6.7	0.51	21.24	78.26

**Tabla N° 09. (continuación)**

MUESTRA	UBICACIÓN (Km)	Límites de Consistencia			AASHTO	SUCS
		LL (%)	LP (%)	IP (%)		
C-1,M-1	1+000	36.02	21.25	14.77	A-6 <sup>(6)</sup>	CL
C-2,M-1	2+000	22.62	12.76	9.85	A-4 <sup>(5)</sup>	CL
C-3,M-1	3+000	29.14	21.22	7.91	A-2-4 <sup>(0)</sup>	GC
C-4,M-1	4+000	35.90	23.02	12.88	A-6 <sup>(6)</sup>	CL
C-5,M-1	5+000	35.99	22.91	13.08	A-6 <sup>(6)</sup>	CL
C-6,M-1	6+000	35.78	22.88	12.90	A-6 <sup>(5)</sup>	CL
C-7,M-1	7+000	35.91	22.96	12.95	A-6 <sup>(6)</sup>	CL
C-8,M-1	8+000	35.91	22.96	12.95	A-6 <sup>(8)</sup>	CL
C-9,M-1	9+000	35.76	22.90	12.86	A-6 <sup>(9)</sup>	CL
C-10,M-1	10+000	35.95	22.82	13.13	A-6 <sup>(9)</sup>	CL

Fuente: Elaboración propia

### Capacidad de la subrasante.

Para evaluar la resistencia del terreno de fundación, se realizaron tres calicatas, teniendo en cuenta la categoría de la carretera y las recomendaciones del Manual de Carreteras, sección suelos y Pavimentos del MTC, en la tabla que se muestra a continuación se puede apreciar la ubicación de las calicatas, así como los resultados obtenidos de los ensayos CBR realizados en laboratorio:

**Tabla 10 - Resistencia del Terreno de fundación.**

MUESTRA	UBICACIÓN (Km)	D <sub>Smax</sub> %	W <sub>opt.</sub> %	CBR (100 %)	CBR (95 %)
M-1	0+200	2.080	8.83	-.-	46.80
M-1	3+070	1.966	12.00	20.63	13.24
M-1	9+300	2.250	18.32	-.-	12.00

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar, el primer valor resulta poco confiable, teniendo en consideración que el tipo de suelo predominante según el sistema SUCS es CL, por lo que para la determinación del CBR representativo de la subrasante en la zona de estudio se determinó como el menor entre 13.24% y 12%, es decir: CBR = 12%. Este valor en términos de módulo resiliente puede expresarse utilizando la expresión recomendada por el MTC, es decir:

$$Mr = 2550 \text{ CBR}^{0.64} \text{ (psi)}$$

Por lo tanto:

$$Mr = 12,508 \text{ psi.}$$

### **Estudio de cantera**

- **Identificación de cantera**

Los agregados para el proyecto serán satisfactorios cumpliendo las necesidades y/o requerimientos se puedan generar en la ejecución, teniendo las siguientes características:

- **Nombre:** Cantera "Rio moche"
- **Ubicación:** Ubicada a 3+0.000 km antes de llegar al inicio de la trocha carrozable.
- **explotación:** se usaran maquinaria pesada como retroexcavadoras para la extracción del material y para su traslado se usaran volquetes entre 15 a 20 metros cúbicos de capacidad.

- **Evaluación de las características de la cantera**

Determinaremos las propiedades que posee el material y brindaran una mejor característica siendo apropiadas para la utilización durante la ejecución.

- **Tipos de ensayos realizados:**

Los tipos de ensayos de laboratorio y campo realizados al material de cantera, así como las normas técnicas utilizadas, se listan en la tabla siguiente. (se muestra la norma nacional del MTC y su equivalente en la norma internacional ASTM)

**Tabla 11 - Ensayos realizados a las muestras de cantera.**

ENSAYO	NORMA	NORMA
	MTC	ASTM
Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107	ASTM D-422
Humedad Natural	MTC E 108	ASTM D-2216
Límites de Atterberg.	MTC E 110	--
Límite Líquido	--	ASTM D-4318
Límite Plástico	MTC E 111	ASTM D-4318
Índice de Plasticidad	MTC E 111	--
Clasificación de Suelos. Método SUCS	--	ASTM D-2487
Clasificación de Suelos. Método AASHTO	M-145	--
Proctor Modificado	MTC E 115	ASTM D-1557
California Bearing Ratio	MTC E 132	ASTM D-1883

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Características físicas y mecánicas del material de cantera.**

Estas se presentan en la tabla siguiente, en la que se incluye los requerimientos de calidad según lo establecido por el MTC.

**Tabla 12 - Caracterización del material - Cantera N° 1.**



Descripción	Unidad	Cantera	Requerimiento para Afirmado
Granulometría			A-1
% que Pasa la Malla N°4	%	35.7	30-65
% que Pasa la Malla N°200	%	13.31	May-20
Límite Líquido	%	29	
Límite Plástico	%	22	35% máx.
Índice de Plasticidad	%	7	4%-9% min.
Clasificación de Suelos "SUCS"	---	GC-GM	
Clasificación de Suelos "AASHTO"	---	A-2-4 (0)	
CBR			
Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	2.075	
Óptimo Contenido de Humedad	%	9.65	
CBR al 100%	%	82.61	Min 40%
CBR al 95%	%	64.5	

Fuente: Elaboración propia

#### - Resultado de los ensayos de canteras:

Según la clasificación de suelos por el sistema unificado de suelos SUCS: el terreno natural es una GC-GM: Grava con Arcillas, Limos y Arena, de baja plasticidad, con un 13.31 % que pasa la malla N° 200.

En el terreno natural o de fundación se realizará lo siguiente: se compactará hasta alcanzar el 90% de la densidad seca obtenida en el laboratorio por medio del ensayo de Proctor modificado:

Máxima densidad seca (promedio.) = 1.85 gr/cm<sup>3</sup>.

Óptimo contenido de humedad (promedio.) = 9.65%.

El material puede ser utilizado directamente como capa de afirmado o en capa de subbase, Para utilizarse como capa de base, se requiere reducir el índice de plasticidad, lo cual se puede lograr mediante un proceso zarandeo, eliminando la fracción fina, o de ser necesario con el uso de aditivos que reduzcan el IP.

#### Estudio de Fuentes de agua.

Para la ejecución de los diversos procesos de construcción, como son, la construcción de las capas de base y subbase, se requiere la incorporación de agua a los materiales de cantera, con la finalidad de proporcionarles el contenido óptimo de humedad, que permita alcanzar

un adecuado nivel de compactación; así mismo, la construcción de obras de arte como alcantarillas tanto de paso como de alivio y otras, requieren de agua de buena calidad y en las cantidades necesarias. En tal sentido, se ha identificado como principal fuente de agua el Río Moche, así como canales de regadío,



**Figura 2-** Ubicación de fuentes de agua.

Fuente: Google Earth

## **ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE.**

### **Hidrología**

- **Generalidades**

Las carreteras conectan a los pueblos mejorando el desarrollo socio-económico, el intercambio comercial entre pueblos o ciudades que explotan sus recursos naturales que luego los llevarán al mercado de

la localidad o a los mercados de las ciudades o pueblos cercanos, obteniendo un margen de ganancia para vivir.

Estas labores necesitarán una vía que cumpla con todas las condiciones de diseño, para trasladar de manera optima a los productos y a la población en general, y para ello se debe de contar con el sistema de drenaje el cual mantendrá la carretera libre de la acción del agua.

Los sectores de Santo Toribio y Quirihuac que se ubican en la cuenca hidrográfica del Río Moche, donde hay una mayor precipitación, realizaremos un buen diseño de las obras de drenaje de la carretera.

- **Objetivos del estudio.**

Nuestros objetivos serán adecuados para el sistema de drenaje proyectándose a afectar durante su lapso de vida, y son:

- Hacer un análisis hidrológico de la zona en estudio determinando las características, la climatología de la zona, estudios de las precipitaciones ocurrientes, los cuales servirán como base para el cálculo hidráulico correspondiente.
- Determinar el caudal máximo para otros periodos de regreso, de acuerdo con las medidas del Manual de Hidrología, en el diseño de obras de drenaje en el Proyecto: “Diseño de carretera a nivel de afirmado en el tramo Quirihuac-santo Domingo, Distrito de Laredo, Trujillo la libertad”, que accedan a registrar y separar el exceso en agua superficial y subterránea que pasan sobre la ruta, para no afectar, la estructura de pavimento.

### **Estudio de hidrología, hidráulica y drenaje.**

- **Información hidrometeorológica y cartográfica.**

- *Información pluviométrica*

Recurrimos a la estación meteorológica cerca del lugar, Estación Quirihuac, en la cual está los archivos de las precipitaciones máximas en 24 horas.

**Tabla 13 - Ubicación Estación Meteorológico Quirihuac.**

<b>Distrito:</b>	<b>Provincia:</b>	<b>Región:</b>
Laredo	Trujillo	Libertad
<b>Latitud:</b>	<b>Longitud:</b>	<b>Altitud:</b>
08° 05' 03"	78° 52' 28"	175 m.s.n.m.

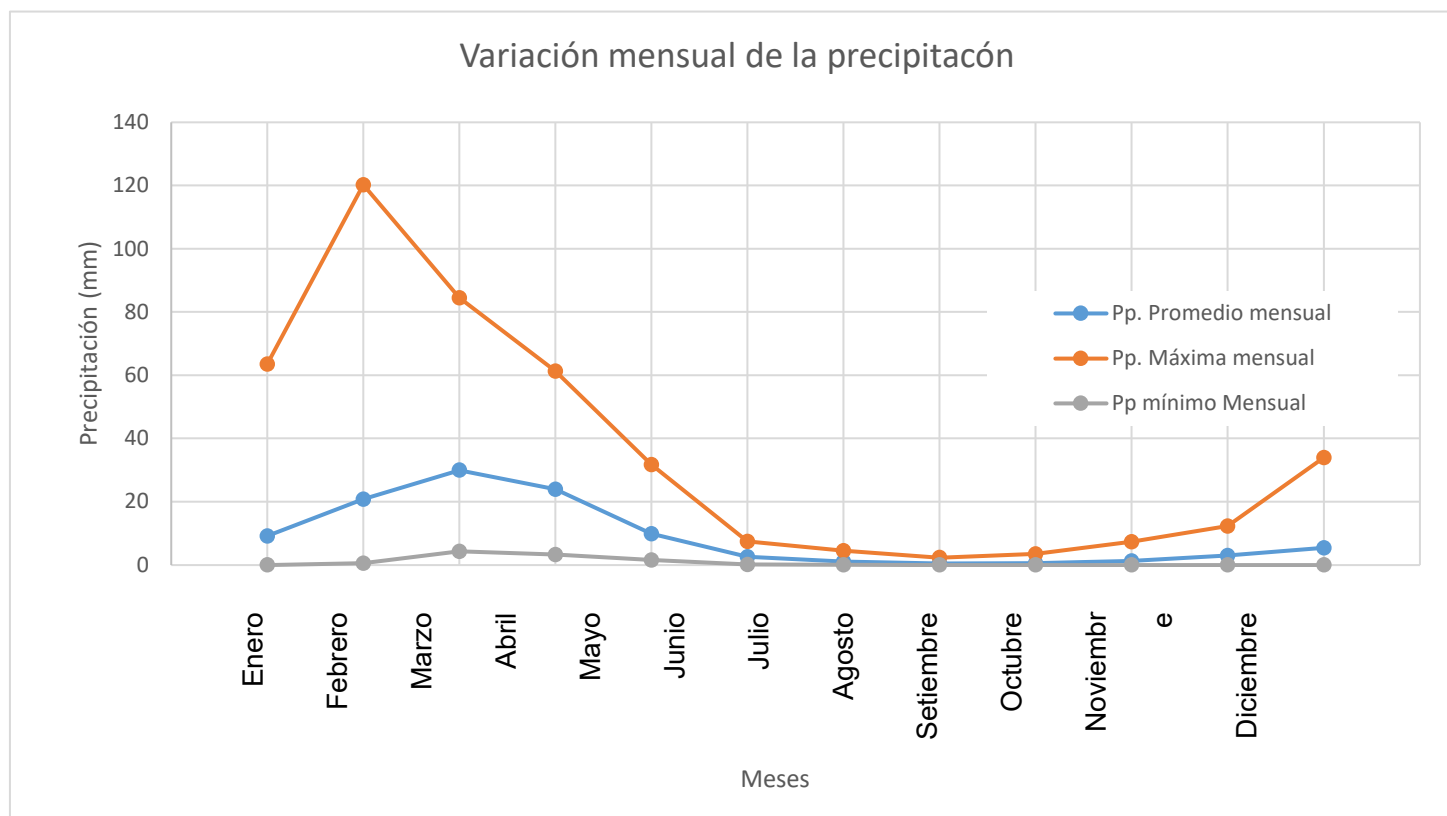
Fuente. Elaboración propia.

En seguida, mostraremos información inscrita en la Estación Quirihuac de un espacio de 25 años, los cuales son proporcionados por el SENHAMI:

**Tabla 14 - Datos Históricos de la Estación Quirihuauc**

ITEM	AÑO	MESES												MAX
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	1991	1.56	4.45	12.09	7.36	6.34	0.90	0.37	0.21	0.10	0.24	0.88	1.15	12.09
2	1992	1.85	0.57	7.10	9.93	4.96	1.04	0.16	0.09	0.06	0.10	0.13	0.05	9.93
3	1993	0.71	15.54	28.28	26.51	12.75	3.46	1.10	0.54	0.76	3.77	12.26	7.63	28.28
4	1994	19.24	33.09	26.76	25.48	14.51	5.52	2.95	1.05	0.90	0.35	1.37	4.33	33.09
5	1995	3.76	6.20	7.68	11.27	4.51	1.87	0.91	0.63	0.20	0.86	4.05	4.23	11.27
6	1996	8.05	19.81	20.73	19.31	9.64	3.78	1.45	0.41	0.23	1.03	1.91	0.26	20.73
7	1997	0.24	6.24	4.33	3.33	2.77	0.33	0.17	0.11	0.11	0.10	2.14	33.98	33.98
8	1998	63.56	120.23	63.56	61.27	31.73	7.36	3.62	2.01	2.58	2.02	1.89	0.87	120.23
9	1999	7.44	66.74	16.00	23.09	24.69	7.41	4.23	1.64	3.46	7.34	3.55	6.93	66.74
10	2000	4.90	19.98	36.44	44.39	28.23	6.07	4.55	2.35	1.67	2.21	0.56	3.94	44.39
11	2001	23.26	29.84	84.52	55.82	11.83	7.00	2.62	1.92	2.80	2.92	10.78	8.61	84.52
12	2002	4.47	10.18	36.57	33.76	6.09	4.35	2.32	0.95	0.49	1.74	5.86	7.55	36.57
13	2003	6.02	12.24	14.32	15.49	6.09	2.22	0.71	0.45	0.20	0.16	0.13	1.20	15.49
14	2004	0.86	7.95	12.16	7.22	2.59	0.61	0.10	0.07	0.06	2.02	6.22	10.43	12.16
15	2005	4.91	5.32	19.18	14.24	1.53	0.21	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.53	19.18
16	2006	1.76	28.89	36.22	23.97	2.24	0.84	0.12	0.10	0.08	0.08	0.50	5.75	36.22
17	2007	12.20	12.22	20.37	29.24	10.19	0.89	0.15	0.09	0.07	0.22	2.93	1.22	29.24
18	2008	5.71	20.96	29.19	28.73	10.10	2.29	0.49	0.20	0.12	2.44	7.14	1.21	29.19
19	2009	15.64	29.43	39.78	32.27	9.32	2.25	0.78	0.19	0.15	1.58	7.07	13.24	39.78
20	2010	4.22	11.80	16.72	18.72	11.13	0.82	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.72
21	2011	5.59	3.95	6.78	33.78	3.98	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	4.63	33.78
22	2012	3.78	13.38	64.07	12.03	3.39	1.00	0.22	0.11	0.10	0.59	0.31	2.26	64.07
23	2013	0.00	12.37	64.07	12.03	3.39	1.00	0.22	0.11	0.10	0.97	0.31	8.38	64.07
24	2014	4.49	5.37	20.82	20.06	18.98	1.58	0.21	0.10	0.05	0.28	2.42	3.92	20.82
25	2015	24.80	22.22	61.78	30.39	6.74	2.30	0.11	0.05	0.05	0.08	1.87	1.80	61.78
PROMEDIO		9.16	20.76	29.98	23.99	9.91	2.61	1.11	0.54	0.58	1.25	2.98	5.36	37.85

MÍNIMO		0.00	0.57	4.33	3.33	1.53	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.93
MÁXIMO		63.56	120.23	84.52	61.27	31.73	7.41	4.55	2.35	3.46	7.34	12.26	33.98	120.23



**Figura 3** -Variación Mensual de la Precipitación

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que la precipitación máxima es en el mes de marzo con 30 mm de lluvia, y la mínima (tiempo de estiaje) se da en agosto y septiembre con 0.58 mm de lluvia.

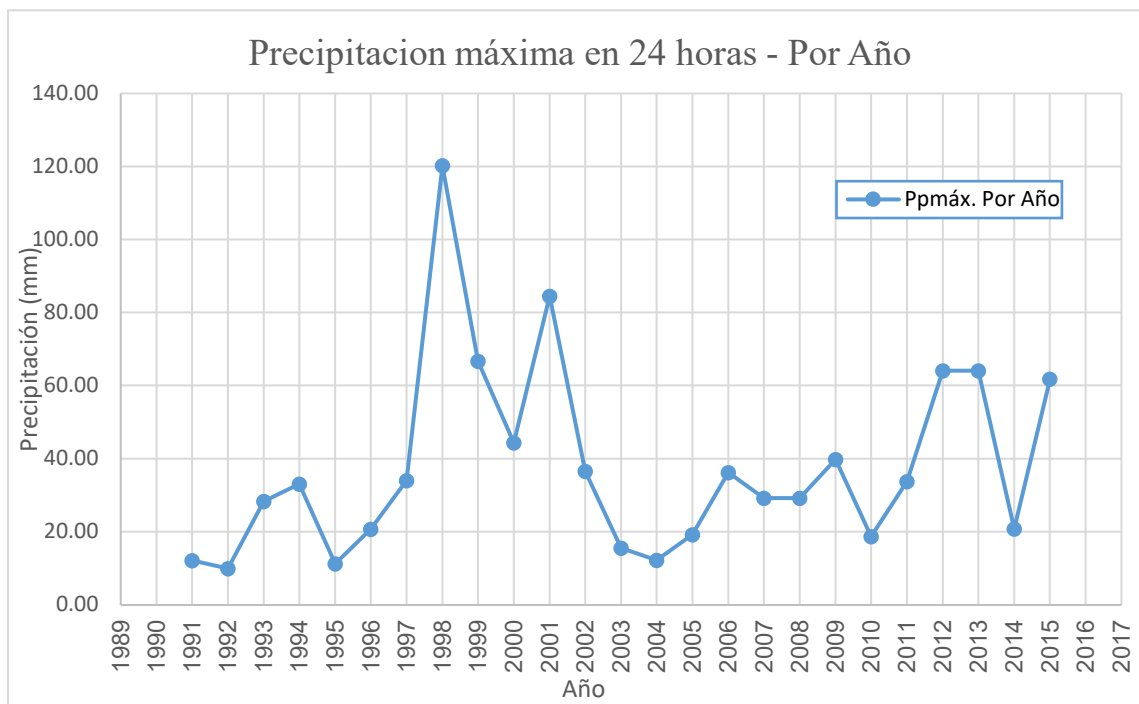
- *Precipitaciones máximas en 24 horas*

de 37.85 mm, según el cuadro y la precipitación máxima es de 120.23 en el año 1998 de acuerdo al grafico de barras indicado a continuación.

**Tabla 15 - Datos de precipitación máxima en 24 horas.**

Item	Año	Pp max (mm)
1	1991	12.09
2	1992	9.93
3	1993	28.28
4	1994	33.09
5	1995	11.27
6	1996	20.73
7	1997	33.98
8	1998	120.23
9	1999	66.74
10	2000	44.39
11	2001	84.52
12	2002	36.57
13	2003	15.49
14	2004	12.16
15	2005	19.18
16	2006	36.22
17	2007	29.24
18	2008	29.19
19	2009	39.78
20	2010	18.72
21	2011	33.78
22	2012	64.07
23	2013	64.07
24	2014	20.82
25	2015	61.78

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 4** - Precipitación Máxima en 24 horas por año.

Fuente: Elaboración Propia.

- *Análisis estadísticos de datos hidrológicos*

**Modelos de Distribución**

La información obtenida ha sido procesada estadísticamente para estimar las propiedades para diversos periodos de retorno. En ese contexto datos de precipitación se han analizado mediante los modelos que se indican a continuación:

- ✓ Distribución Normal
- ✓ Distribución Log Normal 2 parámetros
- ✓ Distribución Log Normal 3 parámetros
- ✓ Distribución Gamma 2 parámetros
- ✓ Distribución Gamma 3 parámetros
- ✓ Distribución Log Pearson tipo III
- ✓ Distribución Gumbel
- ✓ Distribución Log Gumbel



Para frecuencias se hizo uso del software HidroEsta, del cual se consiguieron los valores que se muestran en la Tabla N°16:

**Tabla 16 - Modelos de Distribución.**

periodo Retorno	normal	log. normal 2p	Log. normal 3p	Gamma 2p	Gamma 3p	Log. Pearson III	Gumbel	Log. Gumbel
500	113.78	207.74	115.23	142.02	161.53	los	153.78	569.15
200	105.81	169.93	104.87	126.05	141.57		134.90	353.71
100	99.23	143.96	98.97	113.65	126.17	datos	120.59	246.64
50	92.05	120.10	97.34	100.93	110.53		106.23	171.75
25	84.04	98.19	91.65	87.85	94.60	no se	91.77	119.28
20	81.25	91.51	80.45	83.54	89.41		87.07	105.97
10	71.66	71.87	70.34	69.76	72.97	ajustan	77.26	72.97
5	60.05	53.64	58.52	55.11	55.91		56.83	49.46
$\Delta$ teórico	0.1732	0.0849	0.1731	0.0913	0.07255	-.-	0.1037	0.1343
$\Delta$ tabular	0.272	0.272	0.272	0.272	0.272	-.-	0.272	0.272

Fuente: Elaboración Propia

Los datos presentados se ajustan con un nivel de significancia del 5%. Como se aprecia, el menor error Teórico, se presenta en la distribución Gamma de 3 parámetros, con un  $\Delta$  teórico de 0.07252 y  $\Delta$  Tabular de 0.272. Para la verificación de los resultados el  $\Delta$  Tabular > a 0.26.

**Tabla 17 - Valores críticos para los modelos de distribución.**

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32

Fuente: Aparicio, 1999.

Por lo tanto:  $0.272 > 0.26$  Cumple

### Curva de intensidad – duración – frecuencia

- ✓ La Intensidad se puede calcular a partir de diversos modelos, hemos utilizado el modelo de Frederick Bell:

$$PT = (0.21 \ln T + 0.52) (0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}.$$

T : Periodo de retorno (años)

t : duración de la tormenta ( minutos)

$P_{60}^{10}$  : precipitación máxima de 60 min de duración y periodo de retorno de 10 años.

El valor de  $P_{60}^{10}$ , se calcula a partir del modelo de Yance Tueros, mediante la expresión siguiente:

$$I = a P_{24}^b$$

I = Intensidad máxima en mm/h

P24 = Precipitación máxima en 24 hrs.

a, b = Parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente detallados en las hojas de cálculos de los anexos.

$$P_{60}^{10} = 0.4602 * (P_{24})^{0.876}$$

$$P_{60}^{10} = 19.73 \text{ mm/h}$$

- ✓ Tormenta de diseño,

Las precipitaciones máximas en 24 horas, determinadas en base al modelo de Frederick Bell (1969), para periodo de retorno (T) de 5, 10, 20,25, 50, 100, 200 y 500 años, y duraciones (t) de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos, se muestran en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 18 - Lluvia máxima para duraciones de 5 a 60 minutos**

periodo Retorno	Pmax.	DURACIÓN (min.)					
	24 h.	5	10	15	20	30	60
500	161.53	11.07	16.57	20.26	23.11	27.50	36.11
200	141.57	9.90	14.82	18.12	20.68	24.60	32.30
100	126.17	9.02	13.50	16.51	18.83	22.41	29.42
50	110.53	8.14	12.18	14.89	16.99	20.21	26.54
25	94.60	7.25	10.86	13.28	15.15	18.02	23.66

20	89.41	6.97	10.43	12.76	14.55	17.31	22.73
10	72.97	6.09	9.11	11.14	12.71	15.12	19.85
5	55.91	5.20	7.79	9.52	10.87	12.93	16.97

Fuente: Elaboración Propia

✓ Cálculo de la Intensidad.

intensidad se calculó como la relación entre la precipitación y la mm/h:

$$I = \frac{P}{t}$$

I = Intensidad máxima (mm/h)

P = Precipitación en milímetros (mm)

T = Duración de la precipitación (hr)

**Tabla 19 - Intensidad promedio para una duración "t"**

Periodo Retorno	Pp. Máx. 24 horas	DURACION (min.)					
		5	10	15	20	30	60
500	161.53	132.85	99.43	81.04	69.34	55.00	36.11
200	141.57	118.84	88.94	72.49	62.03	49.20	32.30
100	126.17	108.24	81.01	66.03	56.50	44.81	29.42
50	110.53	97.65	73.08	59.57	50.97	40.43	26.54
25	94.60	87.05	65.15	53.10	45.44	36.04	23.66
20	89.41	83.64	62.60	51.02	43.66	34.63	22.73
10	72.97	73.05	54.67	44.56	38.13	30.24	19.85
5	55.91	62.45	46.74	38.10	32.60	25.85	16.97

Fuente: Elaboración Propia

✓ Curvas de Intensidad – duración – frecuencia

Se calculan mediante siguiente expresión exponencial:

$$I = K \frac{T^m}{t^n}$$

Donde:

K, m y n = Factores características de la zona de estudio, se obtienen mediante regresión múltiple.

- I = Intensidad Máxima (mm/hr)  
T = Periodo de retorno (años)  
t = Duración de la Precipitación, equivalente al tiempo de concentración (min)

Ejecutado el cálculo de regresión múltiple, los valores de las constantes K, m y n son los siguientes:

**Tabla 20 - Valores de regresión múltiple.**

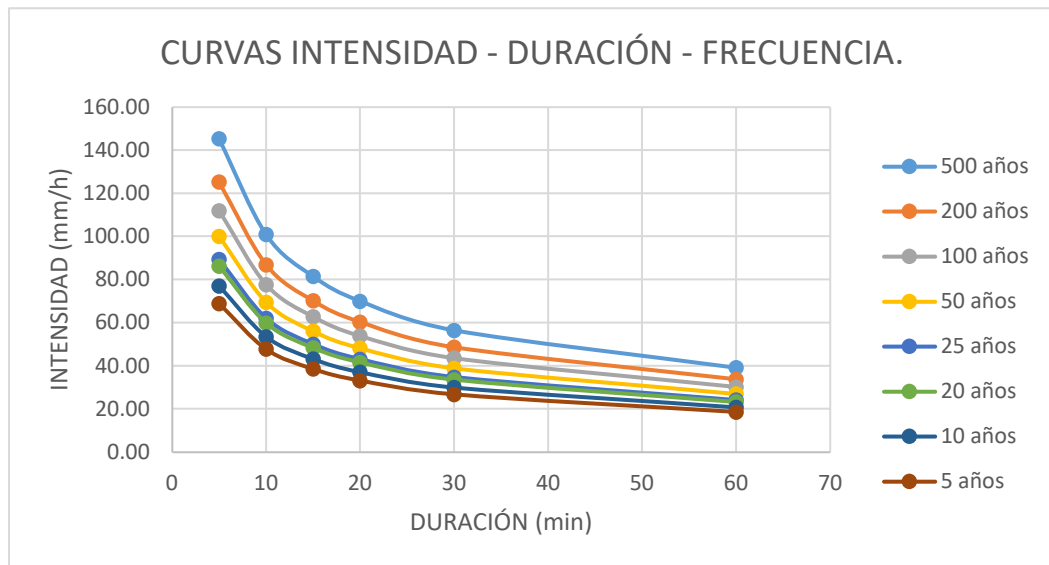
Variables	Coeficientes
Intercepción = Log K =	2.093397
K =	123.993182
m =	0.161951
n =	0.526821

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21 - Intensidades Máximas.**

Periodo Retorno	Pp. Máx. 24 horas	DURACIÓN (min)					
		5	10	15	20	30	60
500	161.53	145.30	100.90	81.50	70.00	56.50	39.20
200	141.57	125.30	86.90	70.20	60.30	48.70	33.80
100	126.17	112.00	77.70	62.80	53.90	43.60	30.20
50	110.53	100.10	69.50	56.10	48.20	38.90	27.00
25	94.60	89.40	62.10	50.10	43.10	34.80	24.20
20	89.41	86.30	59.90	48.40	41.60	33.60	23.30
10	72.97	77.10	53.50	43.20	37.10	30.00	20.80
5	55.91	68.90	47.80	38.60	33.20	26.80	18.60

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5** - Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

- *Cálculo de caudales*

elegimos el método racional, el cual es usado para cuencas pequeñas que no superen los 10,000,000. m<sup>2</sup>. Se usa la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CIA \times 10^{-6}$$

Q: Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

- ✓ El Coeficiente de escorrentía, para el presenta estudio, se determinó en función a las características de los cursos de agua que cruzan la vía, siendo el terreno con una pendiente mayor al 5%, una cobertura vegetal con cultivos y con un suelo semipermeable, se obtiene de la tabla N° 08 "coeficientes de escorrentía método racional del manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC un coeficiente de escorrentía de **0.50**.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

- ✓ La intensidad de diseño está en función de varios factores, como el período de retorno, el cual a su vez se relaciona con el tipo de estructura, vida útil y el riesgo de falla admisible asociado. Al respecto, el M.T.C., en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje propone las tablas siguientes, para establecer cada uno de los factores antes mencionados:  
El riesgo de falla admisible se expresa en función al período de retorno y la vida útil de la estructura según:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^{n/12}$$

R = Riesgo de falla admisible.

T = periodo de retorno

n = vida útil de la estructura de drenaje (meses), los valores de n se pueden tomar como: Puentes y Defensas Ribereñas, 480 meses; Alcantarillas de quebradas importantes y menores, 300 meses y 180 meses respectivamente; Drenaje de plataforma y Sub-drenes, 180 meses

**Tabla 22 - Riesgo admisible en obras de drenaje**

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes.	40
Defensas Ribereñas	25

- (\*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.  
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

A partir de los valores de las tablas precedentes y, aplicando la expresión anterior, se determinaron los valores del período de retorno para las diferentes obras de drenaje consideradas, como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 23 - Período de retorno para obras de drenaje**

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE	VIDA UTIL	PERIODO DE RETORNO (*)
Puentes (*)	25	40	140
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30	25	77
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35	15	40

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ La duración de las precipitaciones (t) para el cálculo de la intensidad, se considera igual al tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta el punto de ubicación de la obra de drenaje.

Calcular el tiempo de concentración existen expresiones propuestas por varios autores, en el presente caso, hemos propuesto la fórmula de Kirpich, la cual es:

$$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Tc = tiempo de concentración (min)

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S = Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

- ✓ Las características de las cuencas, del proyecto en mención, se han determinado a partir de planos a curvas de nivel digitalizados, haciendo uso del software ArcGis, cuyos resultados se muestran en la tabla:

**Tabla 24 - Características de la cuenca.**

Quebrada N°	Ubicación progresiva	Área (Km2)	Longitud (m)	cota		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)	T. C. Kirpich (min)
				Máx.	Mín.			
1	1+800	0.34	736.79	280	228	52	0.07	8.75
2	3+900	1.54	2660.68	584	228	356	0.13	18.52
3	4+300	0.79	2074.00	536	294	242	0.12	15.77
4	5+640	0.81	1452.00	428	314	114	0.08	14.01
5	5+800	0.31	480.67	336	312	24	0.05	7.17

Fuente: Elaboración Propia

A partir de esta información, los caudales máximos calculados para cada una de las cuencas se muestran a continuación:

**Tabla 25 - Cálculo del caudal de diseño.**

Quebrada N°	Ubicación progresiva	Área (Km2)	Coef. Escorr. C	Intensidad (mm/h)	Caudal (Q) m3/s.
1	1+800	0.34	0.6	71.9	4.078
2	3+900	1.54	0.6	48.4	12.433
3	4+300	0.79	0.6	52.7	6.944
4	5+640	0.81	0.6	56.1	7.580
5	5+800	0.31	0.6	79.8	4.126

Fuente: elaboración propia.

- *Hidráulica y drenaje*

**Drenaje superficial**

La captación, conducción y evacuación de las aguas de las lluvias, se realiza mediante obras de drenaje como: cunetas, alcantarillas de alivio y de paso, cuyo desarrollo se efectuó tomando como base la información de los caudales máximos a evacuar, utilizando la fórmula de Manning, para las condiciones existentes en cada caso.

**Diseño de cunetas**

Se determinó la utilización de cunetas revestidas de concreto, de sección triangular, para captar y conducir las aguas de lluvia que caen sobre el talud superior y la plataforma de la carretera, hasta las alcantarillas de alivio para su evacuación.



✓ Cálculo del caudal de aporte

Lo determinamos mediante el método racional, considerando que el área de la cuenca de cada cuneta está bastante reducida. Para efectos, a partir de los planos, también de la inspección de la zona de estudio, se determinaron las características geométricas, como la longitud y pendiente de cada tramo de cuneta.

Los parámetros hidrológicos para encontrar el caudal de aporte en cada cuneta, hemos determinado en base a lo tratado en la sección correspondiente del presente estudio, como son el período de retorno, coeficiente de escorrentía, etc.

Para el cálculo de la intensidad, se tomó en consideración el tiempo de concentración (duración  $t$ ) mínimo recomendado de 10 minutos, con lo que, para un  $T$  de retorno de 40 años, significa una intensidad máxima de 67 mm/h, (gráfico de curvas IDF). Los cálculos de caudales los vemos a continuación:

**Tabla 26 - Cálculo de caudales de diseño para cunetas.**

TRAMO DE CUNETA			DRENAJE TALUD SUPERIOR						DRENAJE DE SUPERFICIE DE RODADURA				Q <sub>tot</sub> (l/s)
N°	Desde	Hasta	Longitud (Km)	Ancho Tributario (Km)	Área Tributaria (Km <sup>2</sup> )	C	Periodo de retorno	I <sub>max.</sub> (*) (mm/h.)	Área Tributaria (Km <sup>2</sup> )	C	Periodo de retorno	I <sub>máx</sub> (*) (mm/h)	
1	0+000.00	0+300.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
2	0+300.00	0+600.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
3	0+600.00	0+900.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
4	0+900.00	1+200.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
5	1+200.00	1+500.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
6	1+500.00	1+800.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0
7*	1+800.00	2+150.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
8	2+150.00	2+500.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
9	2+500.00	2+850.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
10	2+850.00	3+200.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
11	3+200.00	3+550.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
12	3+550.00	3+900.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
13*	3+900.00	4+300.00	0.400	0.10	0.040	0.4	40	67	0.0024	0.2	40	67	306.7
14*	4+300.00	4+650.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
15	4+650.00	5+000.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
16	5+000.00	5+350.00	0.350	0.10	0.035	0.4	40	67	0.0021	0.2	40	67	268.4
17	5+350.00	5+640.00	0.290	0.10	0.029	0.4	40	67	0.0017	0.2	40	67	222.4
18*	5+640.00	5+800.00	0.160	0.10	0.016	0.4	40	67	0.0010	0.2	40	67	122.7
19*	5+800.00	6+100.00	0.300	0.10	0.030	0.4	40	67	0.0018	0.2	40	67	230.0

Fuente: elaboración propia. (\*) Aquí se ubican alcantarillas de paso.

De la tabla anterior se aprecia que el máximo caudal de aporte es de 306.7 litros por segundo.

✓ Capacidad de las Cunetas

Para su diseño hidráulico utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q = A \times V = \frac{(A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2})}{n}$$

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre perímetro mojado)

S: Pendiente del fondo (m/m/)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Los valores de n, se pueden calcular a partir del coeficiente de Strickler, con la expresión (1/n), y los valores más característicos se dan en la tabla. Igualmente se presentan los valores límite admisibles para la velocidad.

**Tabla 27 - Coeficiente K de Strickler más usados.**

TIPO DE CUNETA	VALORES DE K	n = 1/K
Cunetas en roca	33	0.030
Cunetas de concreto	25	0.040
Cunetas de concreto	67	0.015

Fuente: Manual de Hidrología e Hidráulica – MTC.

**Tabla 28 - Velocidades límite admisibles**

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LIMITE ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería	3.00 - 4.50*
Roas duras	4.50 - 6.00*

(\*) para flujos de muy corta duración.

Fuente: Manual de Hidrología e Hidráulica – MTC.

- ✓ Dimensionamiento de la cuneta.

Como se mencionó anteriormente la cuneta se proyectó de sección triangular, como se muestra en la figura,



**Figura 6 - Sección de la Cuneta Triangular.**

Fuente: Manual de Hidrología e Hidráulica – MTC.

A continuación, se muestra el cálculo de la cuneta, considerando los parámetros siguientes:

$$Z_1 = 0.5.$$

$$Z_2 = 2.5$$

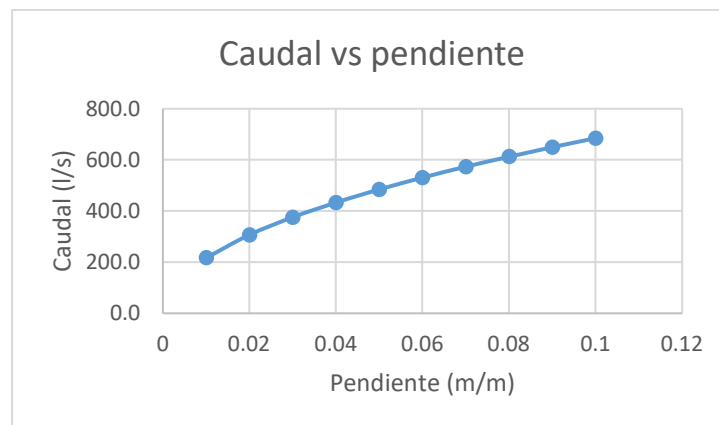
$$n = 0.15 \text{ (cuneta revestida de concreto)}$$

Para estos valores, aplicando la ecuación de Manning, determinamos la capacidad de la cuneta propuesta de 0.35 m de profundidad

**Tabla 29 - Capacidad de la cuneta para diferentes pendientes.**

<i>H</i> (m)	<i>bl</i> (m)	<i>y</i> (m)	<i>A</i> (m <sup>2</sup> )	<i>P</i> (m)	<i>R</i> (m)	<i>S</i> (m/m)	<i>Q</i> (lt/s)	<i>V</i> (m/s)
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.01	216.6	1.6
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.02	306.4	2.3
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.03	375.2	2.8
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.04	433.3	3.2
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.05	484.4	3.6
0.35	0.05	0.3	0.135	1.143	0.118	0.06	530.6	3.9

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7 - Relación Caudal versus Pendiente.**

Fuente: elaboración Propia.

Se aprecia que para una pendiente promedio de 0.03 m/m, la capacidad de la cuneta propuesta es de 375.2 l/s, en tanto que el caudal de aporte máximo calculado es de 306.7 l/s, lo que demuestra que la cuneta cumple lo requerido y la velocidad calculada  $V = 2.8 \text{ m/s}$ , está dentro del rango dado para revestimiento de concreto (3.0 a 6.0 m/s).

$$Q_{\text{Manning}} > Q_{\text{aporte}}$$

$$375.6 \text{ l/s} > 306.7 \text{ l/s}$$

Finalmente, las dimensiones de la cuneta serán:

$$h = 0.35 \text{ m}$$

$$b = 0.35 \times 2.5 = 0.875 \text{ m, ancho de cuneta}$$

### **Diseño de alcantarillas**

#### ✓ Ubicación en planta

Se determinó tomando en consideración el estudio hidrológico, siguiendo el curso natural de los flujos. En consecuencia, se proyectara 05 alcantarillas de paso y 14 de alivio, con la finalidad de descargar el caudal que conducen las cunetas, cuya ubicación figura en la tabla N° 26.

#### ✓ Tipo y Sección

La sección es circular; el tipo de material adoptado fue de tuberías metálicas corrugadas (TMC), las cuales presentan un desempeño optimo a un precio aceptable.

#### ✓ Alcantarillas de alivio.

Teniendo en cuenta que las alcantarillas deben prestar adecuadas condiciones para su mantenimiento y limpieza, se considera un diámetro mínimo de 36" (0.9 m aprox.) y considerando un borde libre mínimo del 25 % del diámetro, el tirante máximo será de 0.675 m. De otro lado, la pendiente considerada fue de 0.02 m/m, para garantizar un adecuado flujo del agua.

Aplicando del software HCANALES, para las condiciones antes indicadas, se obtiene una capacidad de 1.214 m<sup>3</sup>/s, superior al máximo caudal de aporte (0.306.7 m<sup>3</sup>/s, obtenido de la tabla de aporte de flujo de las cunetas hacia las alcantarillas de alivio.

Por lo tanto:

$$Q_{\text{Manning}} > Q_{\text{aporte}}$$

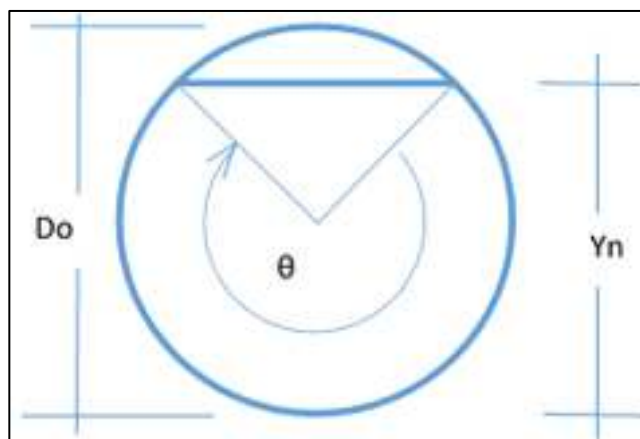
Las alcantarillas de alivio, son de TMC, de un diámetro de 36".



**Figura 8** - Capacidad de Alcantarilla de Alivio.  
Fuente: propia.

✓ Alcantarillas de Paso.

Hemos considerado cinco alcantarillas de paso, cuyo caudal de aporte fue calculado anteriormente (ver Tabla N° 31) Estas alcantarillas se proyectaron de T.M.C, de sección circular, con una relación de Tirante / diámetro de 0.80 como máximo, obteniéndose los resultados :



**Figura 9** - Geometría de la alcantarilla  
Fuente : propia.

A fin de facilitar los cálculos, se han utilizado las siguientes expresiones:

$$\theta = 2 \arccos \left( \frac{Y_n}{\phi} \right)$$

$$\bar{R} = \frac{\phi}{4} \left( 1 - \frac{2 \arccos \left( \frac{Y_n}{\phi} \right)}{\theta} \right) \left( 2 \frac{Y_n}{\phi} - 1 \right)$$

$$A = \frac{\phi^2}{8} (\theta - \sin \theta)$$

Estas expresiones se aplican a la fórmula de Manning, a fin de determinar el diámetro necesario para el caudal de aporte en cada alcantarilla mediante un cálculo iterativo, presentando dicha fórmula, de la manera que se muestra a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} = A R^{2/3}$$

El resultado de los cálculos se presenta en las tablas siguientes:

**Tabla 30 - Cálculo del diámetro de alcantarillas de paso**

N° Alc.	Qaporte	n	S	Q.n/S <sup>0.5</sup>
1	4.078	0.025	0.02	0.721
2	12.433	0.025	0.02	2.198
2 (*)	6.217	0.025	0.02	1.099
3	6.944	0.025	0.02	1.228
4	7.580	0.025	0.02	1.340
5	4.126	0.025	0.02	0.729

Continuación ...

$\phi$	$Y_n/\phi$ (**)	$\theta$	R	A	$AR^{2/3}$
1.42	0.75	4.1888	0.4278	1.2708	0.722
2.15	0.75	4.1888	0.6497	2.9300	2.198
1.66	0.75	4.1888	0.5010	1.7422	1.099
1.73	0.75	4.1888	0.5222	1.8930	1.228
1.79	0.75	4.1888	0.5396	2.0216	1.340
1.42	0.75	4.1888	0.4297	1.2820	0.730

(\*) En la alcantarilla 2, se usará dos ojos.

(\*\*) Se considera el 25% de borde libre mínimo que recomienda la norma.

Fuente: propia.



**Tabla 31 - Resumen de Alcantarillas de paso.**

Alcant. N°	Ubicación progresiva	Caudal (Q) m³/s.	φ calculado		φ adoptado (pulg)
			(m)	(pulg)	
1	1+800	4.078	1.42	56	60
2*	3+900	6.217	1.66	65	72
3	4+300	6.944	1.73	68	72
4	5+640	7.580	1.79	70	72
5	5+800	4.126	1.42	56	60

(\*) Alcantarilla de dos ojos.

Fuente: Propia.

## **DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA.**

### **Generalidades.**

Para el diseño de una carretera se usa principalmente el tráfico vehicular, conjuntamente con la resistencia del terreno. En tal sentido, se hace necesario determinar cuántos vehículos que transitan por la carretera en estudio, lo cual se hace en función al IMD calculado como promedio anual (IMDa)

### **Normatividad**

Para hacer el diseño geométrico de la carretera Santo Domingo - Quirihuac se ha utilizado la Norma Peruana, elaborada y difundida por el MTC, es decir el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico; DG – 2018. Así mismo se ha tomado en cuenta norma internacionales, como las emitidas por AASHTO. Instituto del asfalto y otras entidades dedicadas al diseño de carreteras.

### **Clasificación de las carreteras**

- ***Clasificación por demanda***

De acuerdo al estudio de tráfico realizado, cuyos resultados se muestran en el acápite 3.4.4. Estudio de tráfico, el IMDa, proyectado a 10 años, de la carretera en estudio alcanza los 99 vehículos por día, lo que se encuentra en el rango de  $IMDa < 400$  vehículos /día, por lo que, de acuerdo con la norma DG-2018, corresponde a una carretera de Tercera Clase,

- ***Clasificación por su orografía.***

El alineamiento de la carretera se desarrolla por terrenos de poca pendiente, tanto en el sentido longitudinal como transversal, con porcentajes por debajo de 10 %, por lo que se clasifica como terreno plano (tipo 1).

**Tabla 32 - Pendientes transversales del terreno**

<b>PROGRESIVA</b>	<b>PENDIENTES TRANSVERSALES</b>
0 + 000 – 1 + 000	2.5
1 + 000 – 2 + 000	4.5
2 + 000 – 3 + 000	3.1
3 + 000 – 4 + 000	5.7
4 + 000 – 5 + 000	2.3
5 + 000 – 6 + 000	3.3
6 + 000 – 7 + 000	6.3
7 + 000 – 8 + 000	7.6
8 + 000 – 8 +	5.5
856.69	

Fuente: elaboración Propia

### **Estudio de tráfico**

- **Generalidades**

El índice medio diario anual (IMDa), es el promedio de la suma de contar los vehículos que pasan en un determinado lugar por un año, para nuestro caso, se determinamos que los vehículos tipo M y N, transitan por la vía.

- **Conteo y clasificación vehicular**

El cálculo del IMDa se realizó por conteo los días: sábado, domingo y lunes; se tomó datos de entrada y salida de vehículos en la estación ubicada en el kilómetro 3 + 000. El tráfico se compone de: Autos, Station Wagon, Camioneta Pick Up, Combi, microbús, camión de 2 ejes (2E).

- **Metodología**

El procedimiento utilizado, sigue los pasos que se describen a continuación:

- ✓ Ubicación de la estación de conteo y clasificación vehicular a la altura del Km. 03 + 000 de la carretera Quirihuaac – Santo Domingo.

- ✓ Toma de datos de entrada y salida utilizando los formatos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ✓ Determinación del IMDa, utilizando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{IMDa} = \left( \frac{5 \cdot L + S + D}{7} \right) F_{ce}$$

IMDa = índice medio anual (V/d)

L = cantidad de vehículos día laborable.

S = cantidad de vehículos día sábado.

D = cantidad de vehículos día domingo.

F<sub>CE</sub> = factor de corrección estacional.

- **Procesamiento de la información**

Es procesada mediante hojas de cálculo Excel, para determinar los tipos y cantidad de vehículos que circulan por la carretera, lo que finalmente permitiendo la aplicación de la fórmula indicada anteriormente para la determinación del IMDa.

- **Determinación del índice medio diario (IMD)**

Se ha utilizado la expresión indicada en el acápite 3.4.4.3. Metodología, en base a los resultados obtenidos en las de cálculo de procesamiento de datos de campo, para lo cual se ha requerido obtener el valor del factor de corrección estacional.

- **Determinación del factor de corrección estacional (FCE)**

Se toma como referencia la información elaborada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que forma parte de la “Ficha Técnica Estándar Para Carreteras Interurbanas Sector Transportes” par una estación de peaje próximo al proyecto. Para este caso se consideró la estación de peaje de Chicama correspondiente al mes de octubre 2019, mes en que se realizó el trabajo de campo. Según esto, se tienen los valores para vehículos ligeros y pesados, y se dan a continuación:

$$F_{ce} \text{ Vehículos ligeros} = 1.0166$$

$$F_{ce} \text{ Vehículos pesados} = 0.9814$$

• **Resultados del conteo vehicular**

La cantidad registrada del conteo diario es de 80 vehículos diarios, siendo la mayor incidencia los automóviles, con un total diario de 19 vehículos, lo que representa un porcentaje de 23.8 %, datos y se muestran en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 33 - Resultado del estudio de tráfico (IMDa)**

TRAMO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO				
				AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	CAMION 2 E
QUIRIHUAC - SANTO DOMINGO	E01	E	42	10	8	18	2	4
		S	38	9	10	14	1	4
		E + S	80	19	18	32	3	8
		%	100	23.8	22.5	40.0	3.8	10.0

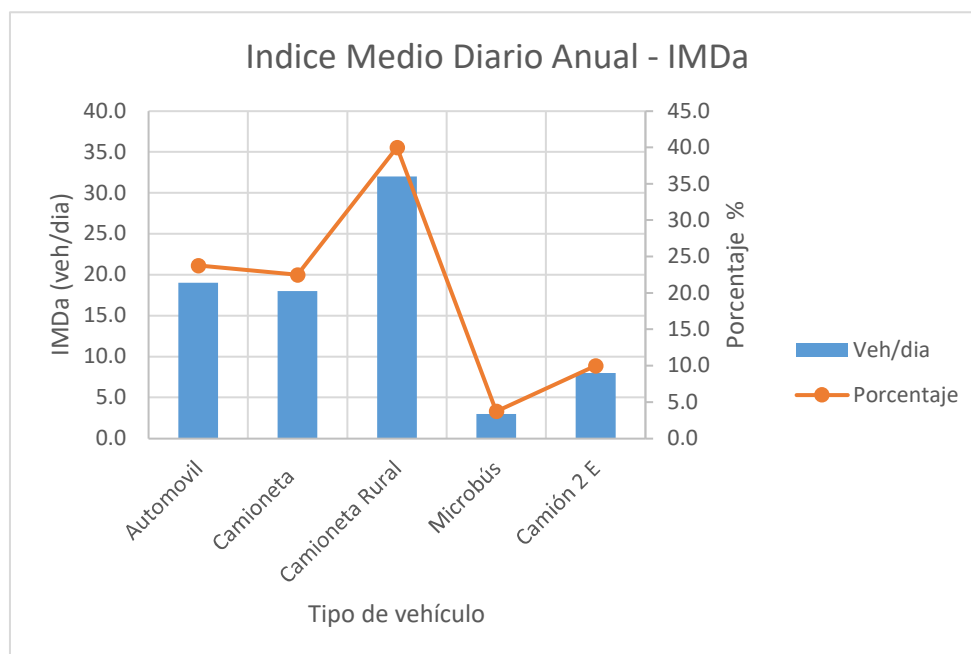
Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el índice medio diario anual, auscultado en la carretera en estudio es como se muestra a continuación.

**Tabla 34 - Índice medio Diario anual**

VEHÍCULO TIPO	Veh/día	%
Automóvil	19.0	23.8
Camioneta	18.0	22.5
Camioneta Rural	32.0	40.0
Microbús	3.0	3.8
Camión 2 E	8.0	10.0
<b>TOTAL</b>	<b>80.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 10** - Tráfico según tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proyección de tráfico**

Con el valor encontrado del IMDa, el tipo y clasificación de carretera a diseñar, se determinó un período de análisis de 10 años, con las tasas de crecimiento promedio anual para La libertad obtenidos de la Ficha Técnica Estándar Para Carreteras Interurbanas – sector Transportes:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

$T_n$  = Tráfico futuro al año n.

$T_0$  = Tráfico actual

$r$  = Tasa anual de crecimiento de tránsito

= 1.26 % vehículos de pasajeros.

= 2.36 % vehículos de carga.

$n$  = periodo de análisis en años

- **Tráfico generado.**

El tráfico generado viene a ser el incremento inmediato del tráfico vehicular, que se da como producto de la mejora de las condiciones de circulación en la carretera, se presenta al inicio del período de

diseño y se estima en un porcentaje del IMDa, que varía del 10 al 20%, según las características sociales y económicas de la zona del proyecto. En este caso se consideró de 15%.

- **Tráfico total proyectado.**

El tráfico total se obtiene sumando el tráfico generado y el tráfico actual, luego de lo cual se proyecta en el período de diseño, en base a la tasa de crecimiento indicada en el acápite anterior. A continuación, se muestra el tráfico total proyectado a 10 años para el presente proyecto.

**Tabla 35 - Tráfico proyectado 2019 - 2030.**

Tipo de Vehículo	IMDa	Tráf.	Tráfico proyectado (Veh/día)										
	2019	Gen.	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	V/d	V/d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Automóvil	19	3	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	25
Camioneta	18	3	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24
Camioneta Rural	32	5	37	37	37	38	38	39	39	40	40	41	41
Microbús	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Camión 2 E	8	1	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>12</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>101</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>105</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo del Tráfico de Diseño.**

Para el determinar el tráfico de diseño en términos de ejes equivalentes a 18 kip o ESAL de diseño, se tomó el tráfico inicial total resultante del estudio de tráfico, Para encontrar la cantidad de vehículos por año, multiplicamos por 365 la cantidad de vehículos por día. Estos valores se proyectan en el período de diseño considerado de 10 años mediante el factor de crecimiento, el cual se determina, empleamos la formula del manual de carreteras del MTC:

$$Fce = \frac{(1 - r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Tasa anual de crecimiento.

n: Periodo de diseño.

Fce: Factor de crecimiento estacional

**Tabla 36 - Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado**

	Veh. Ligeros	Veh. Pesado
r	1.26%	2.84%
n	10	10
Fce	10.59	11.37

Fuente: elaboración propia

El tráfico expresado en ejes equivalentes resulta de multiplicar el tráfico proyectado por los factores ESAL o factores camión, para cada tipo de vehículo. Para el efecto se tomó como referencia la Tabla de “Relación de Cargas Por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos” del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos del MTC, que se reproduce a continuación:

**Tabla 37 - Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.**

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE
Eje Simple de ruedas simples ( $EE_{S1}$ )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^4$
Eje Simple de ruedas dobles ( $EE_{S2}$ )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^4$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) ( $EE_{TA1}$ )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^4$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) ( $EE_{TA2}$ )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^4$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles+1 eje rueda simple) ( $EE_{TR1}$ )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) ( $EE_{TR2}$ )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.



Considerando las cargas por eje de cada uno de los tipos de vehículos observados en la carretera, y aplicando lo establecido en la tabla anterior, se han determinado los factores ASAL, para cada tipo de vehículo, obteniéndose el siguiente cuadro:

**Tabla 38 - Relación de Cargas Por Eje.**

TIPO DE VEHÍCULO	ESAL	Fpi
Automóvil	0.0009	1.0
Camioneta	0.0026	1.0
Camioneta rural	0.0026	1.0
Microbús	0.0263	1.0
Camión 2 E	4.5037	1.0

Fuente: elaboración propia.

Fpi = factor de presión de contacto.

Finalmente, el tráfico en el carril de diseño se determinó, considerando el factor de distribución direccional y factor de distribución de carril, teniendo en cuenta que la carretera tiene dos carriles, uno en cada sentido de tráfico, por lo que:

$$F_D = 0.5$$

$$F_L = 1.0$$

A continuación, se muestra el cuadro resumen del cálculo del tráfico en el carril de diseño (año de inicio = 2020):

**Tabla 39 - Tráfico de diseño en el carril de diseño (EE)**

TIPO DE VEHÍCULO	IMDa	Fca	Tráfico proyectado	ESAL	ESAL de diseño
Automóvil	22	10.59	85038	0.0009	77
Camioneta	21	10.59	81172	0.0026	211
Camioneta rural	37	10.59	143018	0.0026	372
Microbús	3	10.59	11596	0.0026	30
Camión 2 E	9	11.37	37350	4.5037	168213
TOTAL	92		358174	Wt	168903

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el tráfico en el carril de diseño será:

$$W18 = 168,903 \times 0.5 \times 1.0 = 84,452 \text{ EE.}; u, 8.44 \times 104 \text{ E.E.}$$

### Parámetros básicos para el diseño

- **Índice medio diario anual (IMDA)**

Como resultado del conteo vehicular efectuado para el presente estudio se obtuvo un tráfico actual de 92 vehículos, de los cuales, 83 son vehículos de pasajeros (90.0 %) y solo 9 vehículos son pesados (10.0 %), como se muestra en la tabla N° 39.

- **Velocidad de diseño.**

De acuerdo con la topografía de la zona de ubicación del proyecto y tomando en cuenta el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico – DG-2018, se ha adoptado una velocidad de diseño de 40 Km/h, lo que está dentro de lo establecido en la tabla siguiente:

**Tabla 40 - Tráfico de diseño en el carril de diseño (EE)**

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Carreteras - DG-2018.

- **Distancia de visibilidad:**

Es la longitud que requiere el chofer de una unidad para poder ejecutar con total seguridad maniobras ante un obstáculo en su camino

- **Distancia de visibilidad de parada:**

Según el manual DG-2018 esta es la distancia mínima que se requiere para que un vehículo que viaja a la velocidad permitida se detenga al observar un obstáculo inmóvil en su trayectoria, esta distancia puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$D_p = 0.278 \times V \times t_p + 0.039 \times \frac{V^2}{a}$$

$D_p$  : Distancia de parada (m)

$V$  : Velocidad de diseño (km/h)

$t_p$  : Tiempo de reacción + tiempo de percepción (s)

$a$  : desaceleración en m/s<sup>2</sup> (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

**Tabla 41 – Distancia de Visibilidad de parada con pendiente (m)**

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual de Carreteras - DG-2018.

La distancia mínima para una velocidad de 40 km/h va desde los 43 metros hasta los 53 metros dependiendo de la pendiente del tramo de la vía.

- **Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento**

Según el Diseño Geométrico-2018 la distancia requerida para un vehículo puede sobrepasar a otro que viaja en su misma dirección con seguridad, sin que se afecte la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario. La seguridad de adelantamiento se da cuando la diferencia de velocidades entre dos vehículos que viajan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario va a la velocidad de diseño de la vía.

**Tabla 42 – Mínima Distancia de Visibilidad de adelantamiento para Carreteras de dos carriles dos sentidos (m).**

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO $D_A$ (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Fuente: Manual de Carreteras DG – 2018.

La distancia mínima de visibilidad de adelantamiento para la velocidad de 40 km/h es de 270 metros.

### **Diseño geométrico en planta**

- **Generalidades.**

También se llama alineamiento horizontal, este comprende los alineamientos rectos, espirales y/o curvas circulares, que hacen una transición suave y segura entre ellas. La topografía del terreno es importante para el diseño de radios mínimos de las curvas así mismo

la velocidad de diseño permite conocer la distancia de visibilidad y adelantamiento.

- **Tramos en tangente:**

El manual establece las longitudes mínimas y máximas admisibles para tramos en tangente dependen directamente proporcional de la velocidad de diseño, las cuales son calculadas mediante las siguientes expresiones:

$$L_{mín.s} = 1.39 V$$

$$L_{mín.o} = 2.78 V$$

$$L_{máx} = 16.70 V$$

$L_{mín.s}$  : Es la longitud mínima en tangente entre curvas en sentido contrario.

$L_{mín.o}$  : Es la longitud mínima en tangente entre curvas en el mismo sentido.

$L_{máx}$  : Es la longitud máxima deseable.

Las longitudes para una velocidad de diseño de 40 km/h son:

$$L_{min s} = 56 \text{ m}$$

$$L_{min o} = 111 \text{ m}$$

$$L_{max} = 668 \text{ m}$$

- **Curvas circulares**

Llamados también curvas horizontales son arcos de circunferencia de un radio que unen los dos tramos consecutivos, conformando la proyección horizontal de las curvas simples. Estas curvas tienen diferentes elementos que las conforman, las cuales vemos a continuación:

- **Radios mínimos**

Se determinaron los radios mínimos a partir del Manual de carreteras DG-2018, en el proyecto se trabajó con un radio mínimo de 50 m (tabla 302.02 – Radios mínimos y peraltes máximos para carreteras; para vías ubicadas en área rural, plana u ondulada) Aun cuando no

se utilizan, para curva de vuelta se estableció un radio mínimo de 20 m, considerando como camión de diseño el camión de dos ejes C-2.

- **Curvas de transición**

Con la finalidad de evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo de la vía, se consideró el uso de clotoides debido a las ventajas que esta curva presenta Transición entre el bombeo y peralte.

- **Longitud de transición**

Considerando que se trata de una carretera de tercera categoría, el Manual de Carreteras DG-2018, establece que cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que  $L_{\min}$ , ni mayor que  $L_{\max}$ , calculado con las siguientes expresiones:

$$L_{\min} = 0.0178 \frac{V^3}{R}$$

$$L_{\max} = (24 R)^{0.5}$$

R = radio de la curva circular horizontal.

$L_{\min}$  = longitud mínima de la curva de transición.

$L_{\max}$  = longitud máxima de la curva de transición en metros.

V = velocidad específica en km/h.

Para carreteras de tercera clase, como el presente caso, la norma permite prescindir de la curva de transición, siempre que el radio de la curva horizontal sea mayor al indicado en la tabla siguiente.

**Tabla 43 - Radio mínimo para prescindir de curva de transición**

**Carreteras de tercera clase.**

Velocidad de diseño (km/h)	Radio
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual de carreteras - DG-2018

- **Transición de peralte**

Para carreteras de tercera categoría, el Manual de Carretera DG-2018, las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte, en función a la velocidad de diseño y valor del peralte, se tomarán de la tabla siguiente:

**Tabla 44 – longitud Mínima de Transición de Peralte**

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m) **
	2%	4%	6%	8%	10 %	12 %	
	Longitud mínima de transición de peralte (m) *						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Manual de carreteras DG-2018.

(\*) Longitud de transición basada en la rotación de un carril.

(\*\*) Longitud basada en 2% de bombeo.

- **Sobreancho**

Mayor ensanchamiento de la calzada para aumentar el espacio de la carretera que requieren los vehículos en tramos curvos.

El manual de carreteras DG-2018 especifica que debido a que el sobre ancho genera mayor costo y trabajo, por lo tanto, los valores muy pequeños no se consideran. Un valor mínimo apropiado se considera de 0.40 m,

**Diseño Geométrico en perfil.**

Se constituye por una secuencia de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, tangentes a dichas rectas. En cuanto al sentido de las pendientes, se consideran positivas aquellas que implican un

incremento de cotas y negativa las que producen una disminución de cotas.

- ***Pendiente.***

Debido a la configuración topográfica del terreno, el perfil planteado, presenta una pendiente menor a 0.5% (mínimo establecido por la norma de diseño) por lo que se está considerando que, en dichos sectores, las cunetas tendrán la pendiente mínima de 0.5%, lo que se complementa con el bombeo de 2.5%

Los valores de pendiente máxima no son alcanzados, siendo el máximo establecido para el presente proyecto de 3.25%, por lo que no se considera tratamientos especiales al respecto.

- ***Curvas verticales.***

Se ha adoptado curvas verticales como convexas, par cuando la diferencia algebraica de pendientes sea igual o mayor al 1%, teniendo en cuenta que la superficie de rodadura se proyecta en material asfáltico.

Para la longitud de las curvas, se tomó en consideración las recomendaciones del Manual de Carreteras DG-2018, respetando la distancia de visibilidad de parada, tanto si se trata de curvas convexas o cóncavas.

### **Diseño geométrico de la sección transversal.**

Los acápites siguientes, se presentan los valores definidos para cada uno de los elementos que constituyen la sección transversal para el proyecto. Así mismo siendo una carretera de calzada única, se consideran dos carriles de circulación, uno para cada sentido.

- ***Ancho de la calzada en tangente***

Con la velocidad de diseño, el tipo de carretera y orografía, se determinó el ancho mínimo de calzada en tangente, dada por las DG 2018, (tabla 304.01- Ancho mínimo de calzada en tangente) donde se obtuvo 6.60 metros de ancho de calzada.



En zonas en curva, al ancho de calzada indicado anteriormente, se le adicionará el sobreancho que le corresponda según las características de la curva.

- **Bermas**

Se consideran bermas a ambos lados de la calzada, cuyo ancho se determinó de acuerdo a la velocidad directriz, clasificación de la vía y orografía, a partir de la Tabla 304.02 del Manual de Carreteras – DG-2018, correspondiendo un ancho de 1.20 m.

- **Inclinación de las Bermas.**

En tramos en tangente, se determinó para la berma, una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

En curvas, la berma situada en la parte inferior, la berma seguirá la inclinación del peralte, si este es mayor de 4%, caso contrario tendrá una inclinación de 4%. Para la berma situada en la parte superior, tendrá una inclinación en sentido contrario al peralte de 4% para que escurra hacia la cuneta.

- **Bombeo.**

Teniendo en cuenta que se considera la colocación de superficie de rodadura de material asfáltico, se ha definido un bombeo de 2.5 % para los tramos en tangente o en curvas en contraperalte, si se da el caso.

- **Peralte.**

Los valores de peralte, se han determinado aplicando la expresión siguiente:

$$p = \frac{V^2}{127 R} - f$$

p = peralte máximo asociado a V.

V = velocidad de diseño (km/h)

R = radio mínimo absoluto (m)

f = coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V.

se considera un peralte mínimo de 2% y, el peralte máximo para zona rural y terreno plano, como es el caso, se toma como:

Peralte máximo absoluto = 8%

Peralte máximo normal = 6%

- **Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas.**

La longitud mínima en tangente entre curvas sucesivas del mismo sentido, considerando que la velocidad de diseño es de 60 km/h, se ha tomado en 85 m. para otros casos, el desarrollo del peralte será sobre el eje de la calzada, considerando una parte en tangente y otra en la curva, considerando las proporciones indicadas en la tabla siguiente:

**Tabla 45 – Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente.**

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Fuente: Manual de Carreteras – DG-2018.

- **Taludes.**

Siendo el terreno de topografía plana, se ha considera que la rasante en lo posible se ubique por encima del nivel del terreno natural, por lo que el talud considerado es d 1:1.5 (V:H). los detalles se muestran en la sección típica.

- **Resumen de propiedades geométricas.**

**Tabla 46 - Resumen de Características Geométricas.**

PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR	CRITERIO
Índice Medio Diario anual IMDa	92 veh./día	
Clasificación	Carretera de tercera clase.	
Orografía.	Plano	
Velocidad de Diseño	40 Km/h	
Distancias de Visibilidad		
Visibilidad de parada	De 53 m, a 43 m	i = -9%, i= 0% a i= 9%

Visibilidad de Adelantamiento	270 m	
<b>ALINEAMIENTO HORIZONTAL</b>		
Radio mínimo	50 m (plano u ond.)	Área rural; i=8%, f=17
Longitud mínima de curva	3V = 90 m	Para $\Delta < 5^\circ$
ángulo de deflexión mínimo	59'	
Deflexión máx. sin curva circular	1° 30'	
Longitud de tramos en tangente	Min 56	Trazos en "S"
	Min 111	Trazos en "O"
	668	Máximo deseable.
Fricción transversal máxima	0.15	Pmax = 8%
Longitud de curva de transición	40 m	Clotoide.
Radio para prescindir de transición	> 95 m.	
Longitud mínima de Transición De peralte y bombeo	ip = 2% → 10 m ip = 4% → 21 m ip = 6% → 31 m ip = 8% → 41 m ip = 10% → 51 m ip = 12% → 62 m	Longitud mínima de transición de bombeo b = 2.5 % → 13 m. interpolando de tabla 302.13. DG-2018.
Sobree ancho	0.40 m mín.	Si es requerido.
<b>ALINEAMIENTO VERTICAL</b>		
Pendiente mínima	0.5 %	Em casos excepcionales se dará pendiente mínima 0.5% a la cuneta
Pendiente máxima	10 %	Orografía plana.
Parámetros de curva vertical convexa	D.V.Parada = 50 m	Longitud controlada por visibilidad de parada
	K = 3.8	
	D.V.Paso = 270 m	Longitud controlada por visibilidad de paso
	K = 84	
Parámetros de curva vertical cóncava	D.V.Parada = 50 m	
	K = 9	
<b>SECCION TANSVERSAL</b>		
Número de carriles	02	
Ancho de calzada	6.60 m.	Tercera clase, orografía plana

Ancho de bermas	1.20 m	
Bombeo	2.5 %	
Peralte máximo	Absoluto 8%	Zona rural, orografía plano
	Normal 6%	
Peralte mínimo	2 %	
Talud	1.5 :1 (H:V)	Relleno
	1:1 – 1:3 (H:V)	Corte conglomerado
	1:10 (H:V)	Roca
Cunetas	0.30 x 0.75 m.	Revestidas.
	Talud exterior 1:3 (H:V)	
Derecho de vía	16 m.	Ancho mínimo
Plazoletas de estacionamiento	3.00m x 30 m.	Acceso = 10 m. Salida = 15 m
Desvíos	Ancho calzada = 4.0 m Bermas = 0.50 m	
Paraderos	3.00m x 30 m. a ambos lados de la vía	Acceso = 10 m. Salida = 15 m

Fuente: elaboración propia

### Diseño del pavimento

- **Generalidades**

Dadas las condiciones actuales del tráfico, se determinó el diseño de un pavimento flexible, diseñado en base a los criterios técnicos del Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos del MTC, el cual sigue la metodología de la Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, cuya última publicación data del año 1993, considerando capa de base granular sin tratamiento, subbase granular, y una capa de Slurry seal (mortero asfáltico de 1.2 cm) como superficie de protección.

- **Resistencia** del Terreno de Fundación.

Teniendo los resultados del estudio de suelos, los valores de CBR encontrados en las calicatas ejecutadas a lo largo del trazo de la carretera se muestran a continuación.

**Tabla 47 - Resistencia del Terreno de fundación**

CALICATA (progresiva)	CBR %	CATEGORIA	CALIDAD
	(95% - MDS)	SUBRASANTE	
0+200	46.8	S5	EXCELENTE
3+070	13.24	S3	BUENA
9+300	12.00	S3	BUENA

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de CBR del cuadro anterior muestran que, en las calicatas de las progresivas Km 3+070 y Km 9+300, el suelo es de buena calidad categoría S3 ( $CBR \geq 10\%$  A  $CBR < 20\%$ ) en tanto que en la calicata de la progresiva Km 0+200, el suelo es excelente como subrasante, categoría S5 ( $CBR > 30\%$ ), sin embargo, según los resultados del estudio de suelos, el tipo de suelo en el Km 1+000, es A-6(6) en el sistema ASHTO y CL en SUCS, en cuyos suelos, el valor máximo que puede alcanzar el CBR es de 20% aproximadamente, por lo que desechamos este valor. Por tanto, adoptamos un valor de  $CBR_p = 12.0 \%$  (el valor más crítico de los otros dos) que transformado a términos de módulo resiliente  $M_r$ , resulta en 12,533 psi. (haciendo uso de la expresión:  $M_r = 2555 CBR^{0.64}$ )

- **Tráfico De diseño.**

Del punto 3.4.4.11, el tráfico de diseño (W18) encontrado en la carretera en estudio, es del orden de 8.44 x 104 ejes equivalentes (ESAL de diseño), para un período de diseño de 10 años, lo cual corresponde al tipo de tráfico Tp-0, entre 75,000 y 150,000 ejes equivalentes.

- **Otros parámetros.**

Los demás parámetros se han determinado de acuerdo a lo establecido en el manual del MTC, según el tráfico y tipo de carretera bajo consideración, obteniéndose lo siguiente:

Confiability,  $R = 65\%$ .

Desviación estándar normal,  $Z_o = -0.385$

Desviación estándar total,  $S_o = 0.45$ .

Serviciabilidad inicial,  $p_i = 3.8$

Serviciabilidad final,  $p_f = 2.0$

Pérdida de serviciabilidad,  $\Delta PSI = 1.8$

- **Cálculo del Número Estructural Requerido.**

Con la información anterior, determinamos el número estructural requerido, haciendo uso de la fórmula de la guía AASHTO – 93,

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_n + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}} + 2.32 \log_{10} M_t - 8.07$$

Reemplazando los valores anteriormente encontrados, se obtiene un número estructural requerido de:

$$SN_r = 1.60$$

- **Determinación de la estructura del pavimento.**

El número estructural se relaciona con los espesores de cada una de las capas del pavimento, mediante la fórmula general que se da a continuación:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Dónde:

- ✓  $a_1, a_2$  y  $a_3$  = coeficientes de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.
- ✓  $m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje
- ✓  $D_1, D_2$  y  $D_3$  = espesores de capa de la superficie de rodadura, base y subbase (en pulgadas)

Para el cálculo en el presente caso, se ha tomado en cuenta los valores recomendados en el manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos, para los coeficientes de capa y coeficientes de drenaje, considerando que para el presente diseño se considera:

- ✓ Superficie de rodadura de Slurry seal (mortero asfáltico) de 1.20 cm (0.472 pulgadas) de espesor, que debido a su reducido espesor no se considera aporte estructural, es decir  $a_1 = 0$ .

- ✓ Base granular, CBR mínimo = 80%, coeficiente  $a_2 = 0.136$ .
- ✓ Sub base granular CBR mínimo = 60%, coeficiente de capa  $a_3 = 0.128$ .
- ✓ Coeficiente de drenaje en las capas de base y su base;  $m = 1$ .

Siguiendo el procedimiento de la Guía AASHTO – 93 y, considerando los mínimos recomendados por la norma para capas de base y sub base, el número estructural obtenido será:

$$\begin{aligned} SN &= 0 \times 0.472 + 0.136 \times 8 \times 1 + 0.128 \times 6 \times 1 \\ &= 1.86 > SN_r = 1.60 \quad \rightarrow \quad \text{OK.} \end{aligned}$$

Por lo que la estructura del pavimento queda de la siguiente manera:

- ✓ Superficie de rodadura de mortero asfáltico (slurry seal )  $e = 1.2$  cm
- ✓ Base granular  $e = 8"$  (20 cm)
- ✓ Base granular  $e = 6"$  (15 cm)

## **Diseño de la Señalización**

Para lograr el objetivo de proporcionar a la carretera las condiciones adecuadas de comodidad y seguridad en la circulación vehicular, el diseño geométrico debe complementarse con el diseño de los elementos de señalización necesarios, que permitan alcanzar dicho objetivo.

El tipo de señalización, sus características geométricas, ubicación, color, y demás, se encuentran normadas y, en el caso de Perú, están formando parte del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y Carreteras, aprobado con Resolución Directoral N° 16-2016-MTC714 del 31 de mayo de 2016, vigente a la fecha.

### **Requisitos**

Es fundamental que cumpla ciertos requisitos:

- Los dispositivos de seguridad tienen que estar colocados a la vista del usuario o conductor.
- El mensaje del dispositivo tiene que ser evidente y entendible a la visualización del conductor.
- La ubicación del dispositivo de control tiene que generar una reacción positiva y de alerta al conductor.
- Los dispositivos de seguridad tienen que estar bien ubicados, y a cierta distancia del otro dispositivo, y tampoco tienen que restar espacio a los usuarios.
- Deben de colocarse de manera sólida y homogénea en toda la vía.

### **Señales verticales**

Las señales verticales son dispositivos colocados para prevenir e informar sobre la vía, lugares, etc.



## CLASIFICACION DE SEÑALES

- Señales Regulatoras o de Reglamentación
- Señales de prevención
- Señales de información

**Tabla 48 - Características de las señales**

SEÑALES	FORMA	COLOR		
		FONDO	LETRAS, SIMBOLOS Y ORLA	CIRCULO Y DIAGONAL
REGLAMENTARIAS	RECTANGULAR	BLANCO	NEGRO	ROJO
PREVENCION	ROMBO	AMARILLO	NEGRO	
INFORMACION	RECTANGULAR	VERDE	BLANCO	

**Fuente.** Manual de Dispositivos de Control del Transito – MTC.

## UBICACIÓN

La ubicación longitudinal de la señal tiene que permitir que el usuario que viene con velocidad alterada tenga el plazo de percibir y reaccionar de manera específica a lo anunciado.

**Tabla 49 - Ubicación de las señales verticales.**

UBICACIÓN	LATERAL	ALTURA
RURAL	3.60m	1.50m
URBANA	0.60m	2.00m

**Fuente.** Manual de Dispositivos de Control del Transito – MTC.



**Figura 11** - ubicación de las señales verticales

Fuente. Manual de Dispositivos de Control del Transito – MTC.

## ORIENTACIÓN

La señal debe orientarse despacio hacia afuera, que por consiguiente la cara y una línea paralela al eje de la calzada formen un ángulo menor o mayor a  $90^\circ$ , observe en la figura siguiente:



**Figura 12** - Ejemplo de Orientación de la Señal.

Fuente. Manual de Dispositivos de Control del Transito – MTC.

## **VISIBILIDAD Y RETRORREFLEXIÓN**

Las señales deben garantizar la visibilidad tanto durante el día, la noche y neblina; con una retrorreflexión correcta. Todas las señales verticales se fabricarán de material retro reflectivo, salvo el color negro.

## **SISTEMA DE SOPORTE**

Se ha determinado utilizar postes de concreto para todas las señales verticales, a excepción de las informativas, que tienen una estructura metálica de soporte, apoyada en columnetas de concreto.

### *Colocación de las señales*

La ubicación de las señales cumple con lo establecido en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2016) en el sentido, separación horizontal y vertical, así como la distancia al origen del evento que obliga a su uso.

### *Hitos kilométricos*

Se ha determinado la colocación de postes kilométricos a cada kilómetro de la carretera.

Especificaciones de inscripción:

- Código de Ruta: LI- 643  
Letras: En bajo relieve de 12 mm de profundidad (color negro)  
Fondo: color naranja  
Altura: 100 mm  
Serie: E
- Número de Kilometro:  
Letras: Color negro  
Fondo: Color blanco, en bajo relieve de 12 mm de profundidad  
Altura: 100 mm  
Serie: A



**Figura 13** - Poste Kilométrico.

Fuente. Manual de Dispositivos de Control del Transito – MTC.

### Señalización horizontal

Teniendo en cuenta que la vía tendrá una protección de asfalto, se consideró colocar la señalización horizontal, conformadas por líneas de borde continuas, líneas central discontinua o segmentada de las vías en circulación o contiguos a ellas.

### **Consideraciones generales**

A fin de uniformizar la señalización horizontal. Se utiliza líneas de borde de pavimento de color blanco de 0.12 m de ancho. La línea de separación de carril. Debido a que se trata de una carretera de dos carriles con dos sentidos, tiene color amarillo, segmentada en tramos de tangente y continua en tramos en curva;

#### • **Marcas Longitudinales**

Se tienen líneas continuas o discontinuas sobre la calzada, es decir, líneas de borde de la carretera, continuas y, línea central discontinua en los tramos de tangente y continua en los tramos en curva.

- **Líneas de borde de pavimento**

Esta línea separa la berma del carril de circulación, incluyendo el borde exterior del pavimento, estará formada por una línea blanca de 12cm de ancho

- **Otra Marcas sobre el pavimento.**

En zonas específicas, como colegios, hospitales, intersecciones, etc, se utilizan señales específicas para cada circunstancia, para brindar al usuario de la carretera una información oportuna y adecuada.

*Las señales del proyecto de investigación se pueden ver en el anexo*

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **Generalidades**

Como es sabido, la construcción y/o mejoramiento de una carretera, tiene la ejecución de actividades que podrían significar un deterioro considerable de las condiciones medioambientales de la zona en que se ubica el proyecto, siendo necesario programar y ejecutar acciones tendientes a minimizar y de ser posible eliminar los efectos de dichas actividades, en tal sentido, el presente estudio, analiza las condiciones actuales del medio ambiente, para que en base al tipo de actividades a ejecutar, se determine el posible deterioro del medioambiente, y así, lleva a cabo acciones tendiente a eliminar los riesgos que este tipo de obras conlleva.

### **Objetivos**

Identificar, evaluar y describir los potenciales impactos ambientales que puede ocasionarse o presentarse durante y después del proceso constructivo del proyecto.

Proponer las medidas adecuadas para evitar o mitigar los impactos adversos, así mismo para fortalecer los impactos positivos y la conservación del medio ambiente.

### **Normas y legislación para el impacto ambiental (EIA).**

- *Constitución política del Perú.*
- *Decretos Supremos*
- *Decreto Supremo N° 061-97-PCM, que modifica D.S. N° 056-97-PCM*

### **Características del proyecto.**

El proyecto tiene un área de influencia que incluye los centros poblados de Santo Domingo y Quirihuac, en el distrito de Laredo, Durante la ejecución del proyecto se llevarán a cabo actividades de limpieza, movimiento de tierras, mejoramiento de suelos, transporte de los materiales, campamento de obra y máquinas, eliminación de excedentes de material de corte, extracción de materiales de las canteras, entre otras.

## **Diagnóstico del ambiente**

### *Medio físico.*

#### **Clima**

Tenemos en el distrito de Laredo sus veranos son de corta duración, cálidos húmedos y nublados, los inviernos son largos, cómodos, parcialmente nublados y está seco durante casi todo el año,

#### **Temperatura**

El distrito de Laredo tiene una temperatura que regularmente varía entre los 17°C y los 26°C , y muy de vez en cuando baja a menos de 16° C o sube a más de 29°C.

#### **Precipitación**

Las precipitaciones pluviales son escasas y se presentan en los meses de enero a marzo, salvo en los años en que se presenta el fenómeno El Niño, en que los niveles de lluvia crecen considerablemente.

### *Medio biótico*

#### **Flora**

Con referencia al distrito de Laredo, su superficie está cubierta de arbustos (49%) árboles (22%) y tierra de cultivo (22 %) siendo que los centros poblados de Santo Domingo y Quirihuac, se halla en la frontera del área agrícola, Se observó en el área de estudio una gran biodiversidad de vegetación, y en el campo agrícola predomina la caña de azúcar, maíz y otros en menor proporción.

#### **Fauna.**

Existe fauna silvestre, entre los que se pueden observar, algunas variedades de ofidios, zorros, lagartijas, entre otros. En lo que se refiere a la ganadería, se presenta ganado vacuno, ganado caprino, caballar, aves de corral, etc.

### *Medio socioeconómico y cultural*

#### **Población**

La población de Laredo, año 2017, es 37,206 habitantes, sin embargo, la población asentada en los Centros Poblados de Quirihuac (Alto y Bajo) suma los 430 habitantes y en Santo Domingo se tiene 648 habitantes, casi en su totalidad dedicados a las actividades agrícolas.

En ambos casos cuenta con instituciones de educación inicial, primaria y secundaria. Los estudios superiores los realizan en la localidad de Trujillo principalmente.

#### **Actividad económica**

Los pobladores del distrito de Laredo ofrecen principalmente a la actividad agrícola, al comercio, y a la crianza de animales domésticos.

#### **Area de influencia:**

Directamente son los centros poblados de Santo Domingo y Quirihuac, e indirectamente la influencia del proyecto alcanza los centros poblados de Bello Horizonte, Cerro Blanco, Santa Victoria, San Pachuzco, El Castillo, Jesús María y otros pertenecientes al distrito de Laredo.

#### **Evaluación de impacto ambiental en el proyecto**

##### *Matriz de impactos ambientales.*

La matriz de impacto ambiental de importancia para determinar lo negativo y positivo, después de la evaluación de las medidas de reducción y emergencia; está en la matriz del Leopold, para determinar el impacto en el primer proyecto (anexo)



### Magnitudes de los impactos

#### **Negativos**

La medida de todo efecto ambiental negativo, tiene gran relevancia en las innovaciones de su ambiente, movimientos de tierra, transporte de materiales excedentes, voladuras y perforaciones, desmontes y rellenos, de acuerdo a la matriz de efectos ambientales; por lo cual, en estos puntos se realizará mayor detalle para controlar en lo que sea posible las alteraciones y cambios al medio ambiente.

#### **Positivos**

Los efectos o impactos positivos que se presentan son: origina empleo para los pobladores, recursos renovables, servicios e infraestructura, nivel de cultura, buena calidad de vida.

#### **Impactos ambientales.**

##### Impactos ambientales negativos

Peligro a enfermedades.  
Riesgo a conflictos o problemas sociales.  
Peligro de afectación y cambio del suelo.  
Riesgo a diferentes tipos de accidentes.  
Incremento de niveles de emisión de material articulado.  
Riesgo de contaminantes de las corrientes de Agua.  
Daño en los recursos de flora.  
Aumento de niveles sonoros.  
Riesgo por inestabilidad de taludes.  
Peligro de Seguridad vial  
Riesgo de erosión de taludes.

##### Impactos ambientales positivos

Creacion de puestos de trabajo

Aumento del estándar de vida de la población

*Mejor transitabilidad de vehículos*

Con mejorar el tramo Lucma – Alto Tambillo de la carretera, los pobladores tendrán un mejor servicio de transporte vehicular para sus distintos productos, esto ayudara a minimizar el tiempo de viaje.

*Minimizar el costo de transporte.*

El diseño del mejoramiento de esta carretera Lucma – Alto Tambillo, es de beneficio para todos los habitantes de la zona, en disminuir costos de transporte de sus productos y así originar un mejor aumento en sus ingresos económicos.

**Impactos naturales adversos.**

*Los sismos.*

En nuestro país Perú los sismos son muy altos, por la razón que el país se encuentra sobre la placa del pacífico, entonces si ocurriese un sismo en el proceso o después del proceso constructivo de la obra, los trabajadores deberían conocer las normas de seguridad para saber cómo reaccionar ante ello, también se deberá realizar un sistema de prevención como:

Las personas solidarias de la obra deberán tener zonas temporales de acuerdo a las reglas de sismo.

Se deberá tener alarmas para tener una adecuada evacuación.

Tener señalización en todas las zonas seguras, en interior y fuera de la obra, y tener el recorrido de evacuación.

Brindar una capacitación para que los trabajadores en momento de sismo realicen una evacuación correcta ante los sismos.

Tener una oficina o área de atenciones primarios para los accidentes que se produzcan en eventos de sismo.

### Neblina.

La empresa responsable de la ejecución de la obra deberá tener en cuenta las medidas adecuadas para no interrumpir el proceso de ejecución de la obra, tener en cuenta iluminación correcta hacia los trabajadores y maquinarias, de esta forma son representadas a magnitudes correctas para realizar alguna estrategia y no tener accidentes.

### Deslizamientos.

En la construcción de toda carretera se va originar caídas de taludes, estos derrumbes originaran impedimentos de paso de los vehículos, por lo cual se tiene que tener un plan de seguridad para el personal y de los habitantes que se trasladan por la carretera. También tenemos que tener en cuenta identificar zonas de peligro y zonas seguras al derrumbe, donde encontremos lugares seguros para refugio del personal y los habitantes, con una adecuada señal visual.

### **Plan de manejo Ambiental.**

Se propone operaciones de prevención, que fiscalicen los efectos en los impactos ambientales negativos que son originados por la construcción de la carretera, tenemos las siguientes:

#### **Etapas: Planificación**

- ✓ Participación de la ciudadanía.
- ✓ Informar a la población sobre las diligencias del plan realizar.
- ✓ Ver las dificultades de los pobladores en relación a los sectores económicos, sociales y culturales que se generarían por la construcción del proyecto.
- ✓ Conocer las propuestas de la población para prevenir lo negativo y aumentar lo positivo del proyecto a realizar.
- ✓ Conversar con los pobladores sobre lo referente al estudio de impacto ambiental.
- ✓ Generar empleo

- ✓ Los primeros beneficiarios en recibir empleo, en la construcción de la carretera son los mismos pobladores, teniendo en cuenta que antes de la ejecución del proyecto tienen que ser capacitados para el proceso de ejecución de la carretera.
- ✓ Riesgos por accidentes y enfermedades durante el proceso constructivo del proyecto.
- ✓ Deterioro del suelo
- ✓ Tener en cuenta los suelos de cultivo y los de no cultivos, para luego utilizarlos, también cuando realicemos el movimiento de tierras tener el espacio adecuado para depositar.

#### **Etapas: Construcción**

- ✓ Contaminación del agua. No podemos derramar pintura, grasas, concreto o combustible al agua.
- ✓ Deterioro de los suelos que se utilizan para el cultivo. Realizar un continuo regado para el asentamiento de polvo y tener cuidado con el derrame de sustancias tóxicas al suelo.
- ✓ Impacto por sonidos de gran magnitud. Los trabajadores utilizarán protección auditiva, son equipos que utilizarán durante la utilización de maquinaria pesada.
- ✓ Peligro de accidentes. Tener correcta señalización para evitar algún accidente.

#### **Medidas de mitigación.**

Tenemos las siguientes medidas:

- ✓ Se tendrá en cuenta un camión cisterna para la disminución del aumento de la partícula.
- ✓ Aumento de niveles de sonoras. El equipo tendrá que disponer de un mecanismo de silenciadores para disminuir los ruidos dañinos para la audición.
- ✓ Evitar los derrames de grasas, porque esto afectará directamente a la vegetación y directamente a los animales.

- ✓ Se deberá realizar la adecuada señalización para evitar los accidentes de los trabajadores y de los pobladores.

### **Plan de manejo de residuos sólidos y limpieza**

La entidad responsable de la ejecución del proyecto deberá tener en cuenta depósitos para depositar la basura.

En la ejecución del plan los responsables deberán trasladar las carpas o campamentos contruidos para los trabajadores, deberán dejar limpios los lugares que utilizaron para no dañar.

### **Plan de contingencias.**

Tenemos como objetivo, establecer estrategias, procesos para evitar y resguardar la vida humana y los recursos oriundos del área del proyecto.

Los métodos son:

- ✓ Contingencias accidentales. Son los accidentes que se ocasionan dentro del área de trabajo.
- ✓ Contingencias técnicas. producen en los métodos constructivos cuando se necesita brindar un cuidado competente, sus efectos negativos se originan en el retraso de la obra y precios no considerados que no están en el presupuesto.
- ✓ Contingencias humanas. se producen en la realización del plan; sus efectos negativos retardar el trabajo, también provoca problemas en el área del proyecto.

## **V. DISCUSION:**

El presente proyecto tiene el objetivo diseñar la Carretera en el tramo Quirihuac – Santo Domingo, determinando sus características geométricas y estructurales. Para el efecto se analizan cada una de las dimensiones involucradas para obtener el resultado final, en concordancia con la normatividad vigente.

Las limitantes encontradas se refieren básicamente al difícil acceso a la zona de estudio, así como a los aspectos de seguridad asociados al traslado y utilización de equipos de topografía, instrumentos para estudio de suelos y otros, así como otras dificultades logísticas de menor injerencia.

De acuerdo con el análisis de las condiciones locales existentes, se diseñó una carretera que cumple con la normatividad vigente en el Perú, y soluciona la problemática de comunicación vial existente entre ambas localidades; en este contexto, tomando en consideración que el IMDa auscultado es de 92 veh./día (incluyendo tráfico generado por la mejora de la vía), su diseño geométrico se ajusta a una carretera de tercera clase según la norma DG-2018 y, considerando que se desarrolla en un terreno llano, permite adoptar una rapidez directriz de 40 Km/h. ; se asume un frecuencia mínima de 50 m, con lo cual se determinan los demás parámetros geométricos; bajo similares condiciones de tráfico y topografía, el autor Galán, presenta el diseño de la carretera Huaraz – Pinar, llega a los mismos valores de velocidad y radio mínimo, sin embargo difiere en otras características geométricas.

De otro lado, la estructura de pavimento diseñada para la carretera en estudio, utilizando el procedimiento AASHTO - 93, arroja un suelo dúctil compuesto por zonas de base y sub base de material granular sin tratamiento, de 20 cm y 15 cm de espesor respectivamente, con una protección asfáltica constituida por mortero asfáltico (slurry seal) de 1.20 cm. Este mismo procedimiento es utilizado por el autor Astonitas, en su plan “Mejoramiento de la carretera Solecape – Cruz de Medianía – Panamericana Norte, distrito de Mochumí – departamento de Lambayeque – región Lambayeque – 2018” en el valor de la estructura del pavimento.

## **VI. CONCLUSIONES:**

De lo establecido en los acápites anteriores se concluye que mediante el presente estudio se diseñó la carretera Quirihuac – Santo Domingo, con características de tercera clase y cumple con lo establecido en la normatividad vigente del MTC, lo cual

Se realizó el estudio topográfico, siguiéndose las técnicas apropiadas para el tipo de proyecto, encontrándose que la vía se desarrolla en la margen izquierda del Río Moche, en terreno de topografía plana con pendientes transversales menores de 10%, entre las altitudes de 120 a 241 msnm, uniendo los Centros Poblados de Santo Domingo y Quirihuac, prolongándose hasta el empalme con la carretera Trujillo – Otuzco (Ruta Nacional PE-10 A), alcanzando una longitud de 10.500 Km. Las coordenadas georreferenciadas del punto inicial y final son: E 730028.009 m, S 9103843.886 m y E 737367.03 m, S 9108815.7 m, respectivamente. El levantamiento topográfico se llevó a cabo mediante una poligonal abierta, complementándose con radiaciones en cada punto de cambio, abarcándose el área del alineamiento del plan geométrico.

Se realizó la perforación de 10 (diez) calicatas de 1.0 m de diámetro por 1.50 m de profundidad, distanciadas 1,000 metros en promedio, de las cuales se obtuvo las muestras necesarias, en cada estrato, para la ejecución de los estudios de laboratorio correspondientes. En este contexto, se determinó que con referencia al sistema de clasificación SUCS, predominan dos tipos de suelos: CL, arcillas de baja plasticidad y GC, gravas arcillosas, con valores de resistencia CBR desde 10.99% hasta 22.51%, lo que significa una capacidad de soporte de buena a muy buena como subrasante, por lo que no se requiere hacer ningún trabajo de mejoramiento. Así mismo, no se llegó a encontrar nivel freático en ninguna de las calicatas. De otro lado, se identificó la cantera denominada Río Moche, ubicada a 3+000 Km de la carretera, cuyo material, arroja una resistencia CBR de 84.61%, al 100 % de la alta consistencia seca, sin embargo, debe tener un tratamiento de zarandeo y clasificación, a fin de reducir el valor del Límite Líquido, que está ligeramente por encima del valor establecido en la norma peruana. Así mismo, para efectos de alcanzar el

óptimo contenido de humedad en la base y sub base, y para la construcción de obras de concreto, se determinó como fuente de agua, el río Moche y los canales de regadío que corren paralelos y cercanos al alineamiento de la carretera, previa la autorización del ente responsable del manejo del agua.

Respecto a la geometría de la carretera, elaboramos el diseño tanto geométrico como estructural de la vía, obteniéndose en principio que la vía se ubica en una zona de plana y soporta un volumen de vehículos (IMDa) de 92 veh./día, por lo que se diseñó una carretera de 3era categoría, con una vel. Diseño: 40 Km/h, así pudimos definir los otros parámetros, como: ancho de 6.60 m, bermas 1.20 m, peralte máximo 8%, bombeo 2.5% y peralte mínimo 2%; radio mínimo 50 m, distancia de visibilidad de parada de 43 a 53 m (para  $i = -9\%$  a  $9\%$ ); pendiente máxima 8% y mínima 0.5%, considerándose además plazoletas de estacionamiento de 3.0 m x 30.0 m, en las zonas urbanas y las intersección con otras carreteras, entre otras características. De otro lado, del diseño del suelo, se logró una distribución compuesta por: sub base granular de 8" (20 cm), base granular de 6" (15 cm) y superficie de rodadura de mortero asfáltico (slurry seal) 1.20 cm de espesor promedio.

El estudio de hidrología hidráulica y drenaje, se ejecutó tomando como base la información hidrológica obtenida de la estación de Quirihuac, situada en: Lat,  $08^{\circ} 05' 03''$ ; Long,  $78^{\circ} 52' 28''$  y altura 175 metros, con una muestra de 25 años de registro continuo desde 1991 hasta 2015. Esta información fue sometida al análisis estadístico utilizando diversos modelos de, mediante el apoyo del software HidroEsta, observándose que la información es concordante con la distribución Gamma de tres parámetros, arrojando un delta teórico: 0.07255, frente a un delta tabular de 0.272. En base al resultado obtenido, y aplicando el modelo de Frederick Bell, se determinaron las curvas de frecuencia, Intensidad, Duración resultando la expresión siguiente:  $I = 123.99 T^{0.1619} t^{-0.5268}$ , la cual permite establecer la alta intensidad de precipitaciones, en empleo al período de regreso (que determina en función a la vida útil de la construcción de drenaje más el riesgo asociado), la permanencia de las precipitaciones (lapso de concentración). Por otro lado, en base a la información cartográfica y nuestro D.G. se determinó la existencia



de 5 (cinco) alcantarillas de paso y 14 (catorce) de alivio, calculándose el área de cada microcuenca asociada a las obras de drenaje, para luego determinar los caudales de aporte mediante el uso del método racional, debido a la dimensión reducida del area. Con los resultados del caudal de aporte y utilizando la fórmula de Manning, se diseñaron tanto cunetas, como alcantarillas de paso y alivio, obteniéndose los resultados siguientes:

**Tabla 50 - Resumen de Obras de Arte.**

OBRA DE DRENAJE	TIPO	MATERIAL	DIMENSIONES	
			bxh (m)	φ (plg)
Cunetas	Triangular	Concreto	0.35 X 0.80	.-
alcantarillas de alivio	Circular	TMC	.-	36"
Alcantarillas de paso N° 1 y N°5	Circular	TMC	.-	60"
Alcantarillas de paso N° 2	Circular	TMC	.-	2 x 72"
Alcantarillas de paso N° 3 y N° 4	Circular	TMC	.-	72"

Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la metodología propuesta en la normatividad vigente, estableciéndose en primer lugar la situación existente en la zona de estudio, para luego determinar, en base a las actividades que involucra la ejecución del estudio, lo positivo y lo negativos, generados tanto en la calidad del aire, suelo y agua, igualmente sobre la flora y fauna existente, así como aspectos sociales, mediante la elaboración de la Matriz de Leopold, obteniéndose como resultado que los impactos positivos superan a los negativos, lo cual hace viable el proyecto planteado, De otro lado, a fin de reducir los efectos ambientales, se proponen el plan de mitigación, de contingencias, así como el pan de abandono.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

Las condiciones topográficas del territorio nacional tan diversas, hacen que cada proyecto tenga características particulares, por lo que se recomienda que cada uno de los objetivos específicos sean abordados con especial interés, lo que permitirá obtener los mejores resultados y cumplir con el objetivo principal del trabajo.

El presente trabajo se orienta a solucionar la deficiencia de comunicación existente entre los pueblos al interior del departamento, lo cual limita su desarrollo, por lo que es recomendable que las autoridades tanto del nivel regional como municipal orienten sus mayores esfuerzos a reducir la brecha existente en este aspecto, de lo contrario los pueblos del interior seguirán postrados en su desarrollo.

## **REFERENCIAS.**

1. ALEMÁN (2015), tesis: “Propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de camino de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-cantón Victoria, Santa Tecla, la Libertad, utilizando software especializado para el proyecto de carreteras”
2. ASTONITAS (2018), con su tesis: “Mejoramiento de la carretera Solecape – Cruz de Medianía – panamericana norte, distrito de Mochumí – departamento de Lambayeque – región Lambayeque – 2018”
3. DELZO (2018), con su tesis: “Propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme Ruta AN-111 –Tingo Chico, provincias de Huamalíes y Dos de Mayo, Departamento de Huánuco”,
4. GALÁN (2018), con su tesis: “Evaluación de las Características Geométricas de la Carretera Huaraz –Pinar, Aplicando las Normas del M.T.C., En Independencia, Huaraz, Ancash, 2018”
5. PARRADO (2017), tesis: “Propuesta de un diseño geométrico vial para el progreso de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá”
6. RENGIFO (2015), con su tesis: “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)”
7. VALVERDE y BALLENA, (2017), con su tesis: “Diseño geométrico a nivel de afirmado del camino vecinal San Juan De Pamplona – Santa clara – Villa Hermosa, L =11 km, distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas – Región Loreto”,
8. ZAVALETA (2018), con su tesis: “Diseño para el mejoramiento de la carretera del tramo puente Quirihuac – anexo las Cocas – Jesús María, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad”
9. : “*Manual de Carreteras. Diseño Geométrico DG-2018*” – enero 2018, aprobada por Decreto Supremo N° 034-2008- MTC y
10. “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial” – enero 2018, aprobada por Resolución Ministerial N° 02-2018-MTC/14.
11. : “*Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos*” – enero 2018, aprobada por Decreto Supremo N° 034-2008- MTC y

12. : *“Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje”* – enero 2018, aprobada por Decreto Supremo N° 034-2008- MTC y
13. Resultados del censo de población y vivienda 2017 – INEI.

## ***ANEXOS***

## ANEXO A.

**Tabla 51 - Matriz de Operacionalización de Variables.**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	indicadores	Escala
Diseño de carretera a nivel de afirmado tramo Quirihuac - Santo Domingo - Laredo - La Libertad	Consiste en diseñar sus características técnicas, geométricas y estructurales de la vía en función del eje de la vía, obras de arte, señalización, modificar la superficie de rodadura para mejorar el nivel de servicio de la misma.	El diseño de la carretera a nivel de afirmado se alcanzará mediante el estudio topográfico de la zona, estudio de mecánica de suelos, estudio de hidrología y drenaje, estudio de diseño geométrico de la vía y determinación de costos de la obra.	estudio topográfico de la zona	levantamiento altimetría	intervalo
				equidistancias	
				ángulos de inclinación del terreno	
				vista de planta y secciones	
			estudios de mecánica de suelos	contenido de humedad	razón
				contenido de sales solubles	
				granulometría	
				límites de consistencia	
				CBR	
			Estudio de Hidrología y drenaje	caudal	m3/s
				cuencas	M2
			diseño geométrico de la vía.	Trazo a lo largo de la vía.	razón
				parámetros básicos de diseño	
				señalización	
				metrados	
			Estudio de impacto ambiental.	Impacto positivo	+
				Impacto negativo	-

## **ANEXO B.**

**Tabla 52 - Tabla de Detalles y Rellenos Topográficos.**

<b>PUNTOS ARTIFICIALES</b>	<b>NORTE (Y)</b>	<b>ESTE (X)</b>
POST	9103814.2	730032.812
CASA	9103833.03	730021.868
CASA	9103819.75	730023.551
CASA	9103830.32	730005.122
POST	9103845.05	730012.893
POST	9103840.16	730028.791
ESQ	9103850.41	730021.706
ESQ	9103848.75	730030.161
ESQ	9103852.13	730022.971
CALL	9103851.71	730024.078
CALL	9103849.21	730029.177
CALL	9103849.32	730022.426
CALL	9103834.81	730030.783
CALL	9103847.83	730012.991
CALL	9103847.83	730026.279
CALL	9103860.7	730030.505
CALL	9103859.64	730025.644
CALL	9103860.65	730027.909
POST	9103861.52	730024.861
POST	9103870.64	730024.362
ESQ	9103867.59	730032.534
CALL	9103880.47	730023.939
CALL	9103871.04	730027.645
CALL	9103880.65	730026.628
CALL	9103881.06	730029.939
POST	9103898.02	730022.009
CALL	9103897.5	730025.5
CALL	9103896.28	730028.368
ESQ	9103888.66	730017.477
ESQ	9103909.12	730019.521
CALL	9103896.03	730025.404
POST	9103919.82	730024.734
POST	9103904.82	730033.717
POST	9103919.71	730012.245
POST	9103914.93	730016.76
POST	9103912.85	730025.264
POST	9103911.72	730040.297
POST	9103915.6	730037.564

POST	9103919.24	730036.398
POST	9103915.81	730045.939
POST	9103921.36	730044.382
POST	9103918.74	730045.665
CALL	9103924.75	730055.361
CALL	9103919.65	730057.094
CALL	9103922.13	730056.573
CALL	9103922.19	730064.596
CALL	9103926.9	730063.51
CALL	9103924.31	730064.489
VERD	9103921.12	730065.039
CALL	9103930.96	730074.467
CALL	9103924.9	730076.262
CALL	9103928.23	730075.728
ESQ	9103931.04	730094.895
CALL	9103936.15	730094.118
CALL	9103934.02	730094.49
POST	9103940.91	730117.579
CALL	9103938.46	730117.189
CALL	9103936.34	730117.516
CANAL	9103930.8	730068.708
CANAL	9103932.04	730068.438
CANAL	9103925.66	730050.805
CANAL	9103927.21	730050.751
CANAL	9103922.52	730029.055
CANAL	9103923.97	730029.126
ESC	9103935.06	730115
ESC	9103935.7	730114.998
ESC	9103935.57	730122.073
ESC	9103936.43	730120.517
CANAL	9103940.92	730123.584
CANAL	9103942.91	730124.107
CALL	9103935.65	730132.836
CALL	9103938.38	730133.284
CALL	9103935	730155.331
CALL	9103940.46	730133.954
CANAL	9103935.61	730155.824
CANAL	9103937.96	730155.562
CANAL	9103941.34	730155.463
ESQ	9103934.59	730165.708
CALL	9103937.46	730166.584
CALL	9103941.25	730168.181
CANAL	9103941.87	730164.5



CANAL	9103943.25	730164.69
POST	9103935.75	730177.408
CALL	9103933.24	730175.594
CALL	9103932.66	730170.609
CALL	9103934.58	730174.107
CALL	9103936.46	730175.161
CALL	9103929.97	730174.77
ESQ	9103925.35	730177.91
CALL	9103927.22	730180.2
CALL	9103928.04	730182.121
CANAL	9103928.61	730183.218
CANAL	9103928.99	730184.203
CANAL	9103937.23	730177.395
CANAL	9103948.52	730173.217
CALL	9103908.29	730181.555
CALL	9103908.76	730183.931
CALL	9103908.85	730185.871
CANAL	9103909.45	730187.393
CALL	9103888.2	730185.688
CALL	9103888.52	730187.468
CALL	9103888.71	730189.607
ESQ	9103873.42	730188.472
ESQ	9103873.48	730190.37
ESQ	9103873.31	730192.416
POST	9103853.59	730194.362
CALL	9103854.22	730192.009
CALL	9103834.1	730195.84
ESC	9103873.27	730188.435
ESC	9103873.38	730188.969
ESC	9103869.59	730189.141
ESC	9103869.46	730188.626
CANAL	9103868.23	730194.324
CANAL	9103867.49	730193.141
CALL	9103853.92	730189.755
CALL	9103853.68	730191.761
CALL	9103853.72	730193.886
CALL	9103825.68	730195.512
CALL	9103825.1	730193.892
CALL	9103825.02	730191.818
ESQ	9103807.42	730193.143
ESQ	9103808.89	730195.963
ESQ	9103825.7	730196.406
CANAL	9103825.7	730196.406

CANAL	9103825.99	730197.465
CANAL	9103825.73	730198.038
CALL	9103811.55	730198.764
CALL	9103810.22	730195.936
CALL	9103807.13	730195.543
CALL	9103804.17	730196.624
POST	9103802.5	730205.103
CALL	9103798.89	730202.146
CALL	9103800.49	730203.684
ESQ	9103789.14	730215.397
ESQ	9103786.74	730215.24
CANAL	9103811.74	730199.025
CANAL	9103811.06	730200.812
CANAL	9103795.94	730220.434
CANAL	9103799.78	730209.246
CANAL	9103798.11	730221.661
CANAL	9103801.32	730210.196
CANAL	9103795.83	730225.483
CANAL	9103797.38	730226.334
CALL	9103795.47	730215.922
CALL	9103793.6	730215.508
CALL	9103791.43	730214.957
CALL	9103791.66	730225.621
CALL	9103793.49	730225.036
CALL	9103788.75	730225.383
CALL	9103786.34	730225.013
CALL	9103786.76	730236.043
CALL	9103789.26	730236.548
CALL	9103790.81	730236.546
CALL	9103792.48	730236.924
CALL	9103787.44	730252.223
CALL	9103789.16	730252.422
CANAL	9103795.55	730234.72
CANAL	9103791.9	730253.754
CANAL	9103795.02	730234.06
CALL	9103790.14	730254.919
CALL	9103788.84	730254.789
CALL	9103787.67	730254.694
CAM	9103785.82	730255.194
CAM	9103785.68	730244.038
CAM	9103785.12	730233.833
CAM	9103784.86	730222.528
POST	9103782.67	730243.264

POST	9103781.74	730254.228
CALL	9103784.85	730336.505
CALL	9103784.25	730266.678
CALL	9103782.62	730336.282
CALL	9103786.15	730267.115
CALL	9103780.1	730336.635
CALL	9103782.86	730279.823
CALL	9103784.59	730280.001
CALL	9103786.15	730280.342
CANAL	9103778.39	730337.545
CANAL	9103778.01	730337.619
CANAL	9103787.22	730292.348
CANAL	9103775.74	730337.584
CANAL	9103787.71	730292.314
CANAL	9103775.03	730337.552
CANAL	9103775.42	730316.008
CANAL	9103776	730315.893
CANAL	9103772.16	730337.485
CALL	9103778.68	730316.203
CALL	9103780.52	730316.203
CALL	9103782.05	730316.295
CALL	9103783.41	730316.21
CASA	9103764.24	730332.237
CANAL	9103784.99	730316.286
CANAL	9103786.31	730316.356
CASA	9103767.4	730371.462
POST	9103785.78	730337.763
CANAL	9103790.74	730339.918
CANAL	9103789.29	730340.098
CANAL	9103789.16	730340.182
CANAL	9103788.69	730340.234
CANAL	9103788	730340.934
CANAL	9103787.9	730340.909
CANAL	9103780.15	730354.804
CANAL	9103779.26	730355.09
CALL	9103782.33	730354.753
CALL	9103783.83	730354.747
CANAL	9103787.66	730354.402
CANAL	9103789.03	730354.08
CANAL	9103789.19	730354.175
CANAL	9103783.26	730381.554
CANAL	9103782.69	730381.59
CALL	9103784.74	730381.296

CANAL	9103784.57	730380.62
CANAL	9103783.11	730380.702
CANAL	9103789.76	730379.591
CANAL	9103790.01	730379.612
CANAL	9103790.14	730380.355
CALL	9103788.54	730397.67
CALL	9103792.64	730396.96
CALL	9103792.41	730411.254
CALL	9103795.89	730410.514
CALL	9103794.33	730410.826
CALL	9103800.68	730443.689
CALL	9103804.05	730443.09
CALL	9103802.24	730443.405

**Fuente:** Elaboración Propia